This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

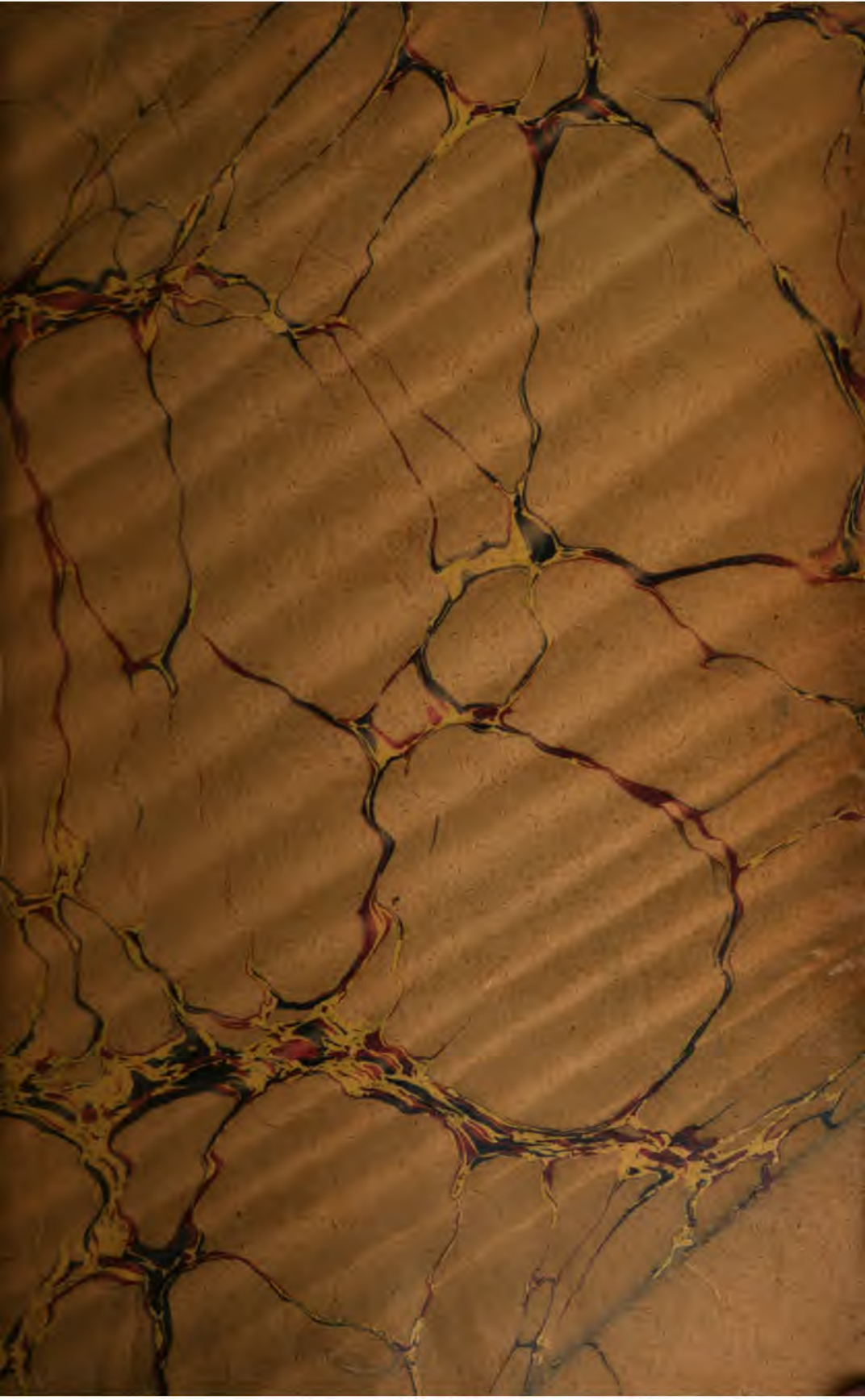
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1892

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1892

PREMIER VOLUME

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

—

1892

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JANVIER 1892

N° 1

Sommaire des séances du mois de janvier 1892 :

1° *Installation des Membres du Bureau et du Comité.* Discours de MM. E. Polonceau et P. Buquet. (Séance du 8 janvier), pages 6 et 11 ;

2° *Rectification au procès-verbal*, par M. J. Fleury, et *Observations* de MM. E. Simon et P. Buquet. (Séance du 8 janvier), page 20 ;

3° *Décès* de MM. M.-H. Mathieu, R.-Ch. Bourdin, A. Lainé, J.-Ch. Cuinat, Th. Robin, E. Daguin, A. Poncelet, G. Roy. (Séances des 8 et 22 janvier), pages 22 et 24 ;

4° *Décorations et Nominations.* (Séances des 8 et 22 janvier), pages 22 et 25 ;

5° *Prix Fourneyron*, décerné à M. Leloutre par l'Académie des Sciences. (Séance du 8 janvier), page 23 ;

6° *Commission internationale du Congrès des Chemins de fer.* (Nomination de M. Belpaire comme Président de la). (Séance du 8 janvier), page 23;

7° *Don de Bons de l'emprunt de 75 000 f.* (Séance du 8 janvier), page 23 ;

8° *Don de la somme de 1 000 f*, par M. G. Canet. (Séance du 8 janvier), page 23 ;

9° *Prix* (médaille d'honneur et une somme de 2500 *f*) *offert par la Société industrielle de Mulhouse* (Séance du 8 janvier), page 23 ;

10° *Dates des Séances de la Société pour 1892.* (Séance du 8 janvier), page 24 ;

BCLL. 163385

11° *Don de la somme de 50 roubles*, par M. Belelubsky. (Séance du 22 janvier), page 25 ;

12° *Electricité (Analyse du Traité pratique d')* de M. Félix Lucas, par M. A. Brüll. (Séance du 22 janvier), page 25 ;

13° *Propriété industrielle* (Ensemble des lois et règlements appliqués en Allemagne à la), par M. D.-A. Casalonga. (Séance du 22 janvier), page 29 ;

14° *Excursion faite par les Membres de la Société en Hollande* (Compte rendu technique de l') (1re partie), par M. E. Lippmann. (Séance du 22 janvier), page 30 ;

Pendant le mois de janvier 1892, la Société a reçu :

32513 — De M. H. Paur (M. de la S.). *Bericht über die Mönchensteiner Brücken Katastrophe* (in-4° de 22 p. et 12 pl.), par Ritter und Tetmajer. Zürich, Zürcher et Fürrer, 1891.

32514 — De l'Oesterreichischen, Ingenieur architekten Vereins. *Schäden an Dampfkesseln. Heft I. Schäden an Lokomotiv und Lokomobilkesseln* von Jenny (in-4° de 47 p.). Wien, R. Spies et Cie, 1891.

32515 — De l'American Institute of Mining Engineers. *Transactions 1890-91, vol. XIX.* New-York.

32516 — De M. E. Cheysson. *Le foyer coopératif et l'assurance en cas de décès du coopérateur* (in-8° de 48 p.). Paris, Masson, 1891.

32517 — Du Ministère des Chemins de fer, Postes et Télégraphes du Royaume de Belgique. *Chemins de fer, postes, télégraphes, marine. Compte rendu des opérations pendant l'année 1890.* Bruxelles, J. Goemaere, 1891.

32518 — De M. A. Picard. *Rapports du jury international sur l'Exposition universelle de 1889, groupe V, classes 45 à 47.* Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

2519 — De M. P. Mahler (M. de la S.). *Sur une modification de la bombe calorimétrique de M. Berthelot et sur la détermination industrielle du pouvoir calorifique du combustible* (petit in-4° de 3 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1891.

32520 — De M. Max Lyon (M. de la S.). *Étude géographique sur l'État de Rio Grande do Sul* (Brésil) (petit in-8° de 12 p.). Paris, May et Motteroz, 1891.

32521 — De M. Grille (M. de la S.). *Construction et exploitation des chemins de fer à voie de 0,60 m*, par Régis-Tartarin. Paris, Baudry et Cie, 1891.

32522 — De M. A. Hallopeau (M. de la S.). *Égypte, Soudan, Abyssinie.* Carte une feuille raisin. Paris, E. Andriveau-Goujon 1891.

32523 — De M. P.-B. Bazaine. *Chemin de fer de Strasbourg à Bâle, inauguré les 19 et 20 septembre 1841. Notes et documents historiques* (grand in-8° de 156 p. et 1 pl.). Paris, Association ouvrière, 1891.

32524 — De M. Walther-Meunier (M. de la S.). *Application de la surchauffe de vapeur et expériences exécutées du 1er janvier au 31 août 1891* (grand in-8° de 36 p.). Strasbourg, Imprimerie Alsacienne, 1891.

32525 — De la Société Industrielle de Mulhouse. *Table générale des matières contenues dans les soixante premiers volumes, de 1826 à 1890, du Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse* (grand in-8° de 164 p.).

32526 — De M. Ravel. *Le moteur à gaz Ravel*, par H. Cuinat (in-8° de 23 p. et 1 pl.). Paris, Chaix, 1891.

32527 — De M. Y. Flachat (M. de la S.). *Note sur la jonction par rails de l'Angleterre au continent* (in-8° de 20 p.). Paris, A. Picard, 1891.

32528 — De la Société Industrielle de Mulhouse. *Table des matières des sujets traités aux Comités d'utilité publique, de commerce, d'histoire, de statistique et de géographie* (grand in-8° de 60 p.). Mulhouse, Veuve Bader, 1891.

32529 — De M. J. Olive (M. de la S.). *Traité d'hydraulique* (grand in-8° de 684 p.). Paris, H. Chairgrasse, 1892.

32530 — De M. A. Picard. *Rapports sur l'Exposition universelle de 1889, groupe VI, outillage et procédés des industries mécaniques* (1re partie). Classes 48 et 49. Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32531 et 32532 — Du Ministère des Travaux publics. *Résumé des observations centralisées par le Service hydrométrique du bassin de la Seine pendant l'année 1890*. Versailles, Veuve Aubert, 1891.

32533 — Du Navy Department. *Annual Report of the Chief of the Bureau of Steam Engineering for the year 1891* (in-8° de 83 p.). Washington Government Printing Office, 1891.

32534 — De M. Ch. Lucas (M. de la S.). *Rapports du jury international sur l'Exposition universelle de 1889. Économie sociale, section IV, apprentissage*. Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32535 — De M. A. Tresca (M. de la S). *Concours de machines et appareils propres à la décortication de la ramie* (in-8° de 22 p.). Paris, Noizette, 1891.

32536 — De M. Cornuault (M. de la S.). *Rapports du jury international sur l'Exposition universelle de 1889, cl. 27, Appareils et procédés d'éclairage non électrique. Rapport de M. Cornuault.* Paris, Imprimerie nationale, 1891.

32537 — De M. P. Terrier (M. de la S.). *Nomographie. Exposé des nou-*

velles méthodes et des recherches de M. Maurice d'Ocagne (in-8° de 23 p.). Paris, *Génie civil*, 1891.

32538 — De M. J. Bailly. *Lettre biographique à M. le directeur du journal des Travaux publics sur la mort de M. Ch. Varinot* (in-8° de 15 p.). Paris, A. Wattier et C^ie^, 1891.

32539 — *Le pétrole et ses applications*, par H. Deutsch (in-8° de 314 p. et 1 pl.). Paris, A. Quantin, 1891.

32540 — De MM. Baudry et C^ie^. *Traité pratique d'électricité*, par F. Lucas (in-8° de 594 p.). Paris, Baudry et C^ie^, 1892.

32541 à 32546 — De M. le Ministre des Travaux publics de Hollande. *6 cartes relatives au colmatage des Polders de Hollande* (demi-grand aigle).

32547 — Du Ministère des Travaux publics. *Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année 1890*. Paris, Imprimerie nationale, 1891.

32548 et 32549 — De M. J. Beloin (M. de la S.). *Bulletin annuel de la Commission météorologique du département de la Sarthe* (années 1889 et 1890). Le Mans, Ed. Monnoyer, 1890 et 1891.

MÉMOIRES ET MANUSCRITS

2145 — De M. F. Kopp (M. de la S.). *Nouveau foyer de chaudières et principalement de chaudières à bouilleurs.*

2146 — De M. Chaudy (M. de la S.). *Nouvelles notes de mécanique.*

2147 — De M. L.-F. Adcock (M. de la S.). *Note sur l'Exposition de 1892 de la colonie de Kimberley, Cap de Bonne-Espérance.*

2148 — De M. Revin. *Plan incliné pour Panama. Perfectionnement.*

2149 — De M. R. Le Brun (M. de la S.). *Observations pour le projet Paris port de mer.*

2150 — De M. G. Salomon (M. de la S.). *Les échelles mobiles de salaires en Angleterre.*

2151 — De M. W. de Rosenwerth (M. de la S.). *Fabrication des briques, tuiles, carreaux, de pavage et similaires.*

2152 — De M. E. Lippmann (M. de la S.). *Excursion en Hollande. Notes techniques.*

2153 — De M. Marcel Delmas (M. de la S.). *Note sur une application commerciale de la statistique graphique.*

2154 — De M. Canovetti (M. de la S.). *Évaluation du débit d'un déversoir sans contraction latérale, au moyen de la surface supérieure et inférieure de la nappe.*

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de janvier 1892. sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

H.-J. Bécot,	présenté par	MM. Jeunet, Goumet, Boulet.
J.-B.-A. Biot,	—	Boileau, de Bovet, Carimantrand.
L. Cazeau,	—	Baudot, Brüll, Ventre-bey.
A. Charliat,	—	Cauvet, Hegelbacher, Deharme.
H. Degermann,	—	Barba, Pradel, Toussaint,
H. Faucher,	—	Dreyfus, Mamy, de Nansouty.
J.-W.-H. James,	—	Eiffel, Hiard, Passelecq.
E.-J. Lemaire,	—	Avisse, Macherez, Watel.
Ch. Ludt,	—	Burgart, Montupet, Rose.
A.-A. Machado,	—	Franck de Préaumont, Noël, M. Teixeira.
P.-L. Niel,	—	Cerbelaud, Aug. Moreau, Wehrlin.
L.-F. Pellerin,	—	Baudot, Mesureur, L. Dumont.
E.-M. Quiniou,	—	d'Anthonay, Boileau, Carimantrand.
B. Rochfort,	—	Franck de Préaumont, Noël, M. Teixeira.
R. Soreau,	—	Franck de Préaumont, Carimantrand, Lyon.
D.-F. Weidknecht,	—	Carimantrand, Lévi, Richemond.

Comme membres associés, MM. :

L.-G. Bordes,	présenté par	MM. Hallopeau, Blétry, Dillemann.
A. Darlot,	—	Herscher, Kern, Morane.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1892

Séance du 8 Janvier 1892.

PRÉSIDENCE DE M. E. POLONCEAU.

La séance est ouverte à huit heures et demie. M. E. Polonceau, Président sortant, prononce le discours suivant :

Mes Chers Collègues,

Suivant la tradition, je viens vous rendre compte des travaux de la Société des Ingénieurs civils pendant l'année où vous m'avez fait l'honneur de m'appeler à sa présidence.

Je dois malheureusement commencer par vous rappeler les pertes cruelles que la Société a faites dans les personnes de MM. A.-B. Albaret; J. Armengaud; le baron F. von Schmidt, membre honoraire; E.-J.-J. Furno; E. Reynier; L. Vasset; H. Love; A. Jauge; O. Sevry; V. Despret; L. Valentin; M. Redon; P.-V. Capdevielle; Antoine Léon; P. N. Lepeudry; L.-E. Chaize; F.-T. Dubost; S. Gentilini; J.-P. Sévérac; sir J. Hawkshaw, membre honoraire; Ch. Mlodecki; J.-P. Meyer; A.-S. Ancelin; J.-J. Charpentier; Alexandre Léon; L. Clémandot; P. Lecœuvre; L.-J. Piedbœuf; E. Salleron; Aug. Bernard; P. Moncharmont; Ch. Vial; S.-P.-M. Souhait, L. Vigreux; Ch. Binder; Alphand, membre honoraire; H. Mathieu, ancien président.

Les procès-verbaux ont rendu compte avec plus ou moins de détails des travaux de ces collègues qui nous ont quittés en trop grand nombre cette année.

Parmi eux, se trouve comme membre honoraire Alphand, *le grand Ingénieur* dont le nom est impérissable, créateur du nouveau Paris, Ingénieur unique pour les expositions aussi bien comme constructeur que comme organisateur ou administrateur. Cet homme éminent, ce travailleur infatigable avait fait appel et non en vain aux Ingénieurs civils; il avait trouvé en vous, Messieurs, des collaborateurs d'un dévouement et d'un zèle à toute épreuve, car vous sentiez qu'en dehors d'un devoir de patriote à remplir, vous aviez entre vos mains le drapeau des Ingénieurs civils et vous l'avez tenu haut et ferme.

Alphand a donc droit à toute notre reconnaissance; il a montré qu'il avait l'esprit large, jugeant les questions en homme supérieur, ne poursuivant qu'un but, *la grandeur de notre patrie.*

Il y a à peine quelques jours, j'avais la douleur d'accompagner à sa dernière demeure notre *ancien président*, mon ami *Mathieu*, et certes ç'a été une profonde douleur pour moi, car, outre l'affection et la considération que j'avais pour lui, il m'aurait été doux de le voir ici parmi vous, Messieurs, lui qui m'avait recommandé si chaudement à vos suffrages. Mathieu était un fervent de la Société des Ingénieurs Civils, et personne plus que lui ne s'occupait et ne se préoccupait de sa prospérité. *(Très bien! Très bien!)*

Enfin, dans cette longue liste, je ne puis laisser passer sans quelques mots, *Love*, le fils de notre ancien président, Ingénieur si distingué, esprit d'élite dont les travaux font le plus grand honneur au corps des Ingénieurs civils; il est vraiment navrant de voir de pareilles natures enlevées à la science presque à la fleur de l'âge au moment où elles vont donner leur maximum d'effort pour les progrès de la science et de l'industrie.

Maintenant, Mes Chers Collègues, et c'est là la vie humaine, après vous avoir parlé de ceux qui nous ont quittés, j'ai à vous entretenir de ceux qui sont venus à nous et à vous signaler que vous avez admis **141** membres sociétaires ou associés et parmi ces jeunes recrues nous trouverons, j'en suis sûr, des défenseurs zélés de nos idées d'initiative privée, de libéralité, de travail et de progrès qui font notre force; successivement, par leurs travaux, ils viendront combler les vides de nos grands Ingénieurs sans que nos souvenirs et notre reconnaissance soient jamais moins vivaces, moins ardents, ni que nous n'entourions toujours de notre plus profond respect nos maîtres qui nous ont montré le chemin et qui ont créé la *Société des Ingénieurs Civils.*

Votre Société a été heureusement partagée pour les décorations pendant l'année **1891.**

Comme *chevaliers de la Légion d'honneur*, nous avons eu à vous nommer : MM. J.-A. Bellet, E. Deligny, A. Brüll, A. Lebargy, A. Roques, P. Chalmeton, F. Dujardin-Beaumetz, A. Hallopeau. A. Hauet, L. Maës, E.-V. Molleveaux, M. de Nansouty, Aug. Pillé.

Comme *officier de l'instruction publique :* L.-J. Henrivaux.

Comme *officiers d'Académie :* MM. A. Bethouart, A. Bloche, C. M. Chassevent, J.-E. Chauveau, H.-A. Farjas, P.-Ch. Gassaud, G.-G. Guerbigny, J.-J. Heilmann, J.-L. Logre, Ch.-V. Taconnet, G. Dehenne, P. Forsans, Ch. Mardelet, E.-J. Coutelier, Th.-A. Leprou, A.-J. Delaunay.

Comme *chevaliers du Mérite agricole :* MM. Aug. Moreau, V. Rose.

Des membres nombreux de la Société ont été nommés dans les diverses commissions du gouvernement, ce qui nous prouve l'importance qu'il attache à avoir votre concours; la sympathie qu'il a pour la Société des Ingénieurs civils vous a été prouvée une fois de plus par l'accueil bienveillant avec lequel votre bureau a été reçu par M. Yves Guyot, ministre des travaux publics, lorsqu'il a été lui demander de

vouloir bien venir présider une de nos séances : notre demande a été agréée de suite de la manière la plus aimable, et lorsque M. le Ministre est venu présider, accompagné de M. le conseiller d'État Gay, directeur général des chemins de fer, de M. le conseiller d'État Guillain, directeur des routes, de la navigation et des mines, et de M. le chef du cabinet Sébillot, chef du personnel et du secrétariat, vous avez entendu les paroles chaleureuses d'encouragement avec lesquelles il nous a prouvé la sympathie pour nos idées, nos travaux et le couronnement de cette séance fut pour nous dans la croix de la Légion d'honneur remise par M. le Ministre lui-même à M. A. Brüll, votre ancien président. *(Vifs applaudissements.)*

Si le gouvernement vous encourage, diverses institutions marquent également tout le prix qu'elles attachent aux travaux de nos membres.

L'*Académie des sciences* a décerné un prix de 2 000 *f* à M. Cadiat et le prix Plumey à M. J.-E. Boulogne.

La *Société d'encouragement* a décerné des prix à MM. E. Candlot, E. Knab, N. Raffard, T. de Brochocki, L. Malo.

Enfin vous-mêmes, Mes Chers Collègues, vous avez décerné : le *Prix Nozo* à MM. L. Durant et Lencauchez; le *Prix Annuel* à M. Aug. Normand.

La Société a pris part à divers Congrès. Je vous signalerai spécialement le Congrès de navigation maritime et fluviale de Manchester, le Congrès géologique international de Washington, celui pour l'avancement des sciences à Marseille.

La situation financière de la Société est satisfaisante. M. H. Couriot, notre trésorier, dont on ne saurait trop louer le dévouement aux intérêts de la Société, vous a exposé cette situation en détail et avec toute clarté; on est arrivé à réduire les dépenses grâce aux bonnes dispositions prises par notre agent général, M. de Dax. Cette situation financière, largement améliorée par suite de l'abandon des bons souscrits par un grand nombre d'entre vous est telle que vous allez pouvoir rembourser en 1892 ce qui reste dû sur l'emprunt de 1889 et que vous vous trouverez avec un actif sans aucunes charges, vous permettant de songer sous peu à l'installation de la Société des Ingénieurs Civils dans un hôtel plus en rapport avec sa situation actuelle, avec l'importance qu'elle a et qu'elle doit prendre de jour en jour.

Cette importance, cette prospérité de notre Société *qui rejaillit sur chacun de nous*, est la conséquence des communications intéressantes et importantes que vous faites dans cette enceinte avec toute liberté, aussi bien pour les communications que pour la discussion.

Il serait sans utilité de vous rappeler successivement toutes ces communications, puisque vous les connaissez. Je veux seulement vous en rappeler les grandes lignes :

1° *Sur les questions ouvrières ou s'y rattachant*, je vous signalerai les communications :

De MM. E. Cacheux . . Les habitations ouvrières ;
— Gruner. . . . La question ouvrière dans les pays étrangers ;

De MM. Gibon . . . . La paix des ateliers, institutions de nature à faciliter la conciliation et l'arbitrage entre patrons et ouvriers ;
— G. Salomon. . Les échelles mobiles des salaires en Angleterre ;
— Cacheux . . . Le sauvetage ;

Les questions de cette nature sont pour nous d'une haute importance, car, comme l'a fort bien dit M. H. Hersent, notre ancien président : « Le bienfaiteur, le protecteur de celui qui travaille, le vrai philanthrope de notre époque, c'est l'Ingénieur » ;

2° *En électricité :*

De MM. Heilmann . . Nouveau chemin de fer électrique ;
— Hillairet . . . Transmissions électriques ;
— O. Buron. . . Transmission de force par l'électricité ;
— A. de Bovet. . Transmissions électriques des Mines de Faria ;
— E. Vlasto. . . L'industrie des câbles sous-marins ;
— Jousselin. . . Visite au secteur électrique de la place Clichy ;

3° *En métallurgie ou s'y rattachant :*

De MM. Pourcel . . . Sur le procédé dit « *Ore process* » ;
— Spiral . . . . Sur l'aluminium et ses alliages ;
— J. Garnier . . Sur les mines de nickel, de cuivre et de platine du Canada ;
— Haubtmann. . La métallurgie de l'aluminium ;
— Chaussegros. . Sur une nouvelle fabrication des tubes en fer ;
— Compère . . . Conditions de recettes des tubes des chaudières multitubulaires ;

4° *Sur les moteurs à gaz :*

De MM. Aug. Moreau. Sur le nouveau moteur à gaz système Niel ;
— A. Lencauchez. Les moteurs à gaz ;
— Gust. Richard. De la partie mécanique des moteurs à gaz et l'extension récente de leurs applications ;

5° *Sur l'unification des méthodes d'essai des matériaux :*

De MM. Candlot . . . Un résumé des conférences de Dresde, Munich, Berlin, et spécialement en ce qui concerne les chaux et les ciments ;
— L. Durant. . Sur l'unification des méthodes d'essai des matériaux ;
— E. Petit . . . Note sur l'anthexiмètre, appareil d'essai de résistance des matériaux, à la traction, à la compression, flexion, automatique et enregistreur ;

6° *Sur les ports de mer, les rivières, les grands travaux maritimes. — Canaux :*

De MM. de Coëne. . . De l'outillage des ports de mer, des voies de communication, canaux, chemins de fer ;
— Bouquet de la Grye . Sur Paris port de mer ;

De MM. Badois . . . . Observations sur le projet du canal maritime de la Seine;
— Molinos. . . . Examen critique de Paris port de mer;
— A. de Bovet. . Observations sur le projet de Paris port de mer;
— J. Fleury. . . d°
— Edmond Roy. d°
— L. Vauthier. . d°
— R. Lebrun . . Observations sur le canal maritime de la Seine, conditions qui en permettraient la réalisation;
— G. Hersent . . Résultat des études et sondages faits pendant l'année 1890 dans la Manche, en vue d'un projet de pont sur la Manche.

Enfin, une série de communications sur les machines, les chemins de fer, la résistance des matériaux, les industries diverses, etc., etc., qu'il serait trop long d'énumérer et dont vous vous souvenez aussi bien que moi.

Tous ces travaux ont donné lieu à des discussions plus ou moins étendues où des idées nouvelles ont été émises, des indications précieuses données; les unes et les autres concourront très certainement à faire naître de nouveaux travaux, de nouvelles recherches qui se retrouveront dans les communications apportées à notre Société. Celle-ci doit se mettre toujours à la tête du progrès: notre raison d'être, à nous, Ingénieurs civils, c'est le progrès; une certaine activité inquiète n'est pas sans avantage pour l'élargissement de l'horizon humain; c'est par l'amélioration constante des procédés de fabrication, de construction, d'exploitation pour l'accroissement du bien-être de notre personnel, que nous arriverons à réduire nos prix de revient, à soutenir la lutte contre la concurrence étrangère, qui a la main-d'œuvre et les matières premières meilleur marché; nous ne pouvons donc lutter qu'en nous tenant toujours à la tête du progrès; en faisant cela, nous aurons fait notre devoir et payé notre *dette d'utilité à la Patrie.*

En terminant, Mes Chers Collègues, j'ai tout d'abord à vous remercier bien sincèrement de m'avoir nommé Président de votre savante Société; soyez convaincus que j'en ai été profondément touché et que c'est le titre dont je suis le plus fier, puisqu'il m'a été conféré par mes pairs. *(Bravo! Bravo! vifs applaudissements).*

Lorsque j'ai pris place à ce fauteuil, je faisais un appel à votre concours: vous y avez répondu largement, car c'est grâce à vous *uniquement* que nos séances ont été si fructueuses et les sujets élaborés si intéressants. Je vous en remercie; mais je savais d'avance que mon appel ne serait pas vain: du reste, ma tâche a été facile, grâce au concours de vos vice-présidents, secrétaires, trésorier, ainsi que de votre Comité tout entier, qui, tous, ont puissamment contribué à rendre cette année féconde; je ne puis oublier notre agent général, M. de Dax, sur lequel beaucoup de travaux sont retombés, et dont nous ne pouvons que signaler une fois de plus le dévouement et l'activité pour les intérêts de la Société. Nous l'avons vu tout spécialement pendant le voyage en Hol-

lande, qu'il avait très bien organisé, ainsi qu'ont pu le constater nos collègues pendant cette excursion si intéressante où nous avons été reçus par les Ingénieurs Néerlandais, et spécialement par leur Président, l'éminent M. Conrad, dans des conditions très flatteuses pour la Société des Ingénieurs Civils.

Maintenant, Mon Cher Collègue, il ne me reste plus qu'à vous céder ma place, et cela je le fais de grand cœur, car vous savez toute l'estime et l'affection que j'ai pour vous.

En vous nommant Président, nos collègues ont voulu vous prouver une fois de plus toute l'estime et la considération qu'ils ont pour une vie de travail et d'honneur, pour une belle carrière dont toute intrigue a toujours été éloignée. *(Très bien! Très bien!)*. Cependant, pour l'époque où nous vivons, vous avez un défaut que je trouve, moi, une qualité d'autant plus précieuse qu'elle devient rare, vous êtes modeste, vous hésitiez à accepter les fonctions de Président. Or, je crois que c'est aussi ce côté charmant de votre caractère, joint à votre mérite, qui vous a acquis avec juste raison un ensemble imposant de suffrages; cette sympathie générale vous suivra dans votre présidence, et le concours de tous vous est acquis. *(Bravo! Bravo! Applaudissements prolongés.)*

M. P. Buquet, Nouveau Président, après avoir serré la main de M. E. Polonceau, prend place au fauteuil et prononce le discours suivant:

Mon Cher Président,

J'ai, dès ce moment, le droit de vous parler au nom de la Société. Je suis son interprète fidèle en vous exprimant ses remerciements pour le dévouement avec lequel vous avez rempli votre mandat de Président et ses félicitations pour les résultats que vous avez obtenus.

Nous n'en avons éprouvé aucune surprise, car nous vous connaissions, avant tout, comme l'homme du devoir.

Nous savions que pendant, votre séjour à l'étranger, votre préoccupation dominante avait été de tenir haute et grande la dignité du nom français; — vous y avez réussi, et comme citoyen et comme Ingénieur.

Rentré en France, pour prendre la haute direction d'un grand service, la Société des Ingénieurs civils a voulu, à son tour, vous marquer son estime. en vous décernant un honneur, dont je mesure mieux aujourd'hui toute la portée et auquel vous avez dû être d'autant plus sensible que vous retrouviez, à cette place, des souvenirs qui vous sont chers. *(Très bien! Très bien!)*

Vous avez rendu difficile la tâche de votre successeur; ce n'est point un reproche qu'il vous adresse, Mon Cher Collègue, mais c'est une raison pour qu'il vous demande l'appui de vos avis et de vos conseils.

Permettez-moi, Mon Cher Président, en vous renouvelant nos remerciements, de vous serrer la main au nom de la Société. *(Vifs applaudissements.)*

Mes Chers Collègues,

Vous m'avez fait un très grand honneur, en me déléguant à la présidence de notre Société et c'est avec une émotion, impossible à dissimuler, que je viens, tout d'abord, vous exprimer mes sentiments de gratitude.

J'ai été profondément touché de l'ensemble avec lequel vous m'avez donné, par un vote à peu près unanime, une preuve si flatteuse de votre confiance ; un tel témoignage de sympathie est de ceux qu'on n'oublie jamais.

Votre affectueuse bienveillance, je la réclamerai demain ; je la réclame aujourd'hui plus encore qu'hier ; j'en aurai grand besoin, car vous comprendrez que j'éprouve une certaine appréhension en présence de la tâche qui m'incombe.

Je n'ai point, comme la plupart de mes prédécesseurs, directement participé à ces travaux toujours remarquables et souvent grandioses, qui ont puissamment affirmé partout le renom du génie civil français.

Je n'ai point non plus, comme d'autres, par de savantes études théoriques et par un lumineux enseignement, conquis ce fauteuil sur lequel vous avez fait asseoir des maitres si justement appréciés ; mais je ressens comme eux tous — et cela, je le revendique — le plus absolu dévouement à notre Société, le plus profond respect pour ses traditions. *(Très bien! Très bien!)*

Ce sont elles, en effet, qui ont assuré notre succès et qui, en dehors de toutes attaches officielles, ont amené l'œuvre libérale de nos vénérés fondateurs à être ce qu'elle est : une association puissante, bien et dûment classée, dont on pèse les impressions, dont on recherche les avis, d'autant plus respectée que l'on sait bien que tout, dans cette enceinte, respire la liberté et l'indépendance : *(Bravo! Applaudissements.)*

Liberté de chacun ; Indépendance de la Société.

Vous pouvez compter sur tous mes efforts pour maintenir la Société à la hauteur à laquelle vous l'avez portée ; permettez-moi, par contre, de compter sur votre concours sans lequel, comme vous le disait M. Polonceau, un Président ne peut rien.

Permettez-moi d'espérer que, grâce à vos études, à vos travaux, l'année qui commence sera aussi bien remplie que ses aînées.

J'ai très bien compris, Messieurs, qu'en allant au milieu de tant d'autres qui en étaient dignes, choisir dans le rang, pour le mettre à votre tête, un collègue qui a consacré toute sa carrière à l'étude des applications pratiques de la chimie, vous avez entendu viser plus haut qu'une simple personnalité : vous avez voulu prouver que vous ne restez indifférents à aucune des manifestations industrielles de l'activité de l'Ingénieur, et puisqu'il vous a plu de décerner un tel honneur à l'industrie chimique, vous me permettrez de glaner un peu dans son vaste domaine et de faire passer sous vos yeux quelques-uns des services qu'a rendus la chimie pendant ces trente dernières années. *(Bravo! Bravo! Longs applaudissements.)*

Et d'abord « la chimie agricole ».

La théorie chimique appliquée à la pratique agricole est un des faits

les plus saillants qui puisse être signalé, car il touche, sans contredit, à l'un des côtés de la question sociale.

On entend, chaque jour, déplorer la dépopulation des campagnes ; on se récrie contre ce qu'on appelle « le besoin de luxe » qui gagnerait jusqu'au moindre hameau ; il est certain qu'au milieu des transformations qui s'opèrent dans l'état général de la société, les besoins deviennent partout plus impérieux et le travailleur des champs ne veut plus se contenter de l'existence souvent un peu rudimentaire d'autrefois ; il réclame une plus grande somme de bien-être. — Et qui oserait lui en faire le reproche ? N'a-t-il pas autant de droits que ceux-là mêmes dont les revendications sont moins timides et plus bruyantes ?

Mais quiconque à vécu un peu à côté de lui, a facilement reconnu qu'attaché, comme il l'est, à la terre, il ne la déserte que malgré lui, poussé par une insuffisance constante de revenus et non sans esprit de retour.

Que faut-il donc pour l'y retenir ? Il faut que le sol soit plus fertilisé ; il faut produire vite et beaucoup, seul moyen de produire économiquement.

M. le Ministre de l'agriculture, dans la récente discussion des tarifs douaniers au Sénat, à bout de concessions aux tendances actuelles, terminait un de ses éloquents discours en déclarant : que la parole est maintenant à la science et qu'elle seule peut apporter une solution.

Hé bien, Messieurs, la science n'avait point attendu cet appel ; elle nous a fait connaître toutes les conditions de la vie végétale ; elle nous a montré comment il faut combiner les engrais végétaux et minéraux, pour conserver aux uns et aux autres leurs vertus nutritives, pour les stimuler au besoin.

Ceci n'est point de la théorie ; mon expérience personnelle me permet de l'affirmer : dans une région dont le rendement moyen à l'hectare est de 20 *hl* de blé, j'en ai vu obtenir jusqu'à 37 couramment et dans plusieurs exploitations.

On peut donc avancer, sans rien exagérer, que la production de la France peut être portée à 120 millions d'hectolitres au moins, alors que la consommation est de 110 millions ; ce jour-là, nous pourrons être exportateurs ; les campagnes redeviendront aisées, sinon riches, et ne seront plus désertées. *(Très bien ! Très bien !)*

Il ne suffit que de le vouloir.

Ces résultats étaient, au début, taxés d'utopie ; mais un grand esprit l'a dit : « L'utopie est souvent un berceau », et l'idée a grandi.

L'expérience est aujourd'hui faite ; la science a indiqué la voie ; qu'on la suive en comptant beaucoup plus sur soi-même que sur la protection exagérée de tarifs, dont la première conséquence est, le plus souvent, de nous attarder dans l'ornière de la routine ; sans compter que là ne s'arrêtent pas toujours leurs regrettables effets. *(Bravo ! Bravo ! Applaudissements.)*

Une protection, sans mesure, au point de devenir par instants une réelle prohibition, est un véritable danger ; on s'isole forcément, et ceux qui ont charge d'assurer la grandeur du pays doivent ne pas oublier

que les alliances, basées sur les intérêts, sont souvent les plus solides et les plus durables.

Je vous demande pardon, Messieurs, de cette digression, et je rentre dans mon sujet pour constater que s'il nous est permis, aujourd'hui, d entrevoir comme prochain un aussi rassurant avenir, nous le devons surtout à la chimie agricole, à ses ardents et vaillants vulgarisateurs (1). *(Applaudissements.)*

Je pense, mes chers collègues, que notre place est marquée parmi ces derniers ; répandre ces doctrines du progrès, les encourager soit par nos conseils, soit par notre exemple, c'est faire acte de défense sociale et nous ne pouvons ni ne devons nous en désintéresser.

Il ne faut pas se dissimuler les difficultés à vaincre, mais, dans un pays comme le nôtre, quand chacun apporte loyalement son concours, on peut escompter le succès.

Si, en chimie organique, nous nous arrêtons à l'industrie des matières colorantes et si nous nous reportons à quarante ans en arrière, nous constatons que le goudron de houille, qui était à cette époque un résidu encombrant, inhérent à la fabrication du gaz d'éclairage, est devenu, depuis, une matière première d'une importance considérable.

L'industrie des colorants artificiels est née de l'étude des substances produites par la distillation du goudron ; je n'ai pas, vous le pensez sans peine, l'intention d'esquisser ici l'exposé des métamorphoses multiples et ingénieuses auxquelles on soumet ces substances; je tiens seulement à faire remarquer la rapidité surprenante avec laquelle ont été franchies les étapes successives qu'a parcourues cette industrie. *(Très bien!)*

Elle a pris son essor dès la découverte de l'aniline, qui n'est autre que la nitrobenzine soumise à l'action de certains agents réducteurs.

De 1856 à nos jours, les résultats ont été aussi variés qu'inattendus ; en 1859, c'est la fuchsine; en 1860, on la transforme en violet et en bleu ; en 1862, en vert ; à la même époque encore, en noir.

Plus tard, on découvre les colorants azoïques et bien d'autres, dont la nomenclature serait un peu longue.

On donne improprement le nom générique de « couleurs d'aniline » à toutes celles qui viennent du goudron ; mais il ne faut point oublier qu'il fournit encore : le phénol, la naphtaline, l'anthracène, etc., etc., dont les dérivés forment, avec ceux de l'aniline, cette gamme séduisante des ravissantes couleurs qui, du rose le plus tendre au noir le plus résistant, viennent nuancer la laine, la soie, le coton.

La synthèse de l'indigo permet aujourd'hui de le reproduire industriellement, c'est-à-dire économiquement.

Enfin, je citerai pour mémoire les nombreux antiseptiques puisés à la même source par la thérapeutique.

Vous le voyez, Mes Chers Collègues, le goudron de houille est une mine inépuisable, et les mineurs sont bien les chimistes. *(Bravo! Applaudissements.)*

C'est l'occasion de rappeler que les théories atomiques nouvelles, qui

(1) En première ligne, MM. Grandeau, G. Ville, etc.

ont si puissamment aidé aux progrès de la chimie organique, sont, en grande partie, l'œuvre de savants français : Laurent, Gerhardt, Würtz.

J'ai prononcé tout à l'heure le nom de l'anthracéne et il m'est difficile de ne pas lui reprocher, en passant, le mal qu'elle a fait, en 1868, à l'une des richesses de notre agriculture : la garance.

C'est, en effet, à l'anthracéne qu'on demande maintenant l'alizarine autrefois extraite de la garance. La récolte annuelle de cette dernière s'élevait à environ 70 000 *t*, estimées à 80 millions de francs, pour la presque totalité produites par la France ; son emploi est, pour le moment, à peu près limité à la teinture des draps de troupes, et la culture de la garance a disparu ; la France importe d'Allemagne environ 400 000 *kg* d'alizarine artificielle par an.

Le sort qu'a subi la garance est, sans nul doute, réservé à tous les extraits tinctoriaux végétaux, bien qu'en fait les couleurs qu'ils produisent soient plus résistantes.

L'industrie des bougies, rejetée au second rang, pour l'éclairage, par celle du gaz, est venue à son tour nous faire découvrir, dans le traitement des corps gras industriels, les propriétés d'un dérivé dont l'importance ne le cède en rien à la nitrobenzine : je veux parler de la glycérine.

La glycérine, si douce, si inoffensive par nature, prend, en s'unissant à l'acide nitrique, un caractère tellement cassant, elle devient d'un commerce si dangereux que, pour la rendre abordable, il faut l'entourer de mille précautions et l'associer à des véhicules spéciaux ; c'est ainsi que la nitroglycérine devenue « dynamite ou poudre de Nobel » a pu prendre, dès 1867, une si large place dans les applications industrielles.

Ces véhicules sont, pour les uns, comme combinés à la nitroglycérine ; d'autres seulement à l'état de mélanges ; les uns sont inertes ; les autres ont pour but de modifier les conditions chimiques ou physiques de l'explosion.

Vous comprenez, par ce simple exposé, à quelles séries de recherches nombreuses et intéressantes les chimistes ont dû se livrer, car les combinaisons peuvent varier à l'infini ; on peut compter, pour l'instant, au moins quarante variétés du genre.

A côté des di[illegible]es dynamites, s'est placée l'industrie des explosifs spéciaux et, ch[illegible] jour, nous voyons naître une poudre nouvelle. De tous côtés, on est entraîné par ce courant vertigineux ; c'est à qui brûlera le plus vite, à qui développera l'onde explosive la plus puissante ; c'est ainsi que, sous des noms divers, viennent défiler devant nous toutes les tribus des picrates, des fulminates, des chlorates, etc., dissimulant tous à l'envi, et le plus sournoisement possible, sous la plus modeste apparence, une force tenant du prodige.

Au milieu de tous ces engins de destruction, s'épanouit royalement la nitrocellulose, aux dérivés de laquelle il semble qu'on doit attribuer, entre autres, le privilège de la combustion la plus complète.

En aucun temps, l'étude des explosifs n'a été suivie avec autant d'ardeur que de nos jours, et notre époque si féconde, si glorieuse à tant de

titres, dont nous pouvons être fiers, nous, Ingénieurs civils, que l'on rencontre toujours là où un progrès s'accomplit, aura cependant, dans son livre d'or, une page attristante.

On y montrera des populations tout entières en armes, prêtes à se ruer les unes sur les autres. On y verra le génie de l'homme préoccupé d'appliquer aux moyens de détruire, mieux et plus vite, les plus belles découvertes de la science!

Il se rencontrera sans doute, dans l'avenir, un moraliste qui nous plaindra en des pages éloquentes ; mais on connaît trop les causes de cette situation qui assombrit les dernières heures du siècle. Heureux ceux qui, devant l'histoire, n'en porteront pas l'accablante responsabilité! *(Bravo! Bravo! Longs et vifs applaudissements.)*

Cette réflexion n'est peut-être pas très statutaire, mais vous me la pardonnerez, Mes Chers Collègues, lorsque j'aurai ajouté qu'elle n'enlève rien au respect que je professe, pour ceux de nos confrères qui poursuivent, dans cette voie, leurs études souvent périlleuses.

N'oublions pas que c'est à notre illustre collègue et maître, M. Berthelot, que l'on doit une savante théorie des matières explosibles.

En chimie minérale, nous arrivons à ce qu'on appelle « la grande industrie chimique ».

Cette industrie représente, pour la France, un capital de plus de cent millions de francs et consomme plus de 600 000 *t* de charbons français.

Au premier rang, il faut placer l'acide sulfurique, pour la fabrication duquel nous ne sommes plus à la merci de la Sicile. Le soufre, employé jadis à l'état natif, est remplacé par celui qu'on extrait des pyrites; il coûtait 140 à 170 *f* la tonne, il revient aujourd'hui à 50 ou 60 *f*.

Les premiers essais de traitement des pyrites remontent à 1832; l'Exposition de 1867 révéla que leur emploi était déjà entré dans la pratique industrielle, mais c'est de 1873 que date réellement la faveur qui, à de rares exceptions près, leur fut universellement accordée; c'est à ce moment seulement qu'il a été clairement démontré qu'on peut utiliser la pyrite menue.

Rapprocher ces dates, c'est vous dire contre quelles difficultés de toute nature, et il faut ajouter: contre quelles préventions, dans le début, on a eu à lutter pendant quarante années. Il est sans doute superflu de vous rappeler, à ce sujet, les noms de trois industriels français intimement liés à tous ces efforts et à ces succès : MM. Olivier, Jean-Baptiste et Michel Perret ; ce dernier compte aujourd'hui, et à juste titre, au nombre de nos collègues les plus autorisés.

On brûle tellement bien les pyrites, on en extrait si complètement le soufre que les cendres sont employées très couramment dans la métallurgie du fer. On reprend le cuivre aux pyrites cuivreuses et, enfin, certains minerais portugais restituent, dit-on, de l'or et de l'argent, mais en petites quantités.

Ceux d'entre vous qui visitaient, il y a quelques années, les fonderies de zinc, ont dû être frappés de l'état de misère qui était la caractéristique des campagnes environnantes; c'est qu'on perdait en effet, dans l'air, tout l'acide sulfureux provenant du traitement de la blende et on

stérilisait ainsi de vastes périmètres. Les fabricants, stimulés par des règlements administratifs, ont été amenés à le recueillir et à le transformer en acide sulfurique, à la grande satisfaction de leurs voisins et aussi de leur intérêt bien entendu.

Pour passer à l'état d'acide sulfurique, le gaz sulfureux a besoin de s'oxyder et l'oxygène lui est fourni par le jeu des transformations du nitrate de soude ; il faut l'employer toujours en excès et une quantité notable en était perdue.

Des appareils spéciaux ont permis de condenser cet excès et de le restituer à la fabrication.

Mais vous savez tout cela, Mes Chers Collègues, et je n'entrerai pas dans de plus amples détails. Je passerai sous silence les intéressantes tentatives qui se poursuivent encore de divers côtés, en vue d'arriver à une fabrication plus intensive, de diminuer le cube des appareils, de réduire le volume des gaz inertes. Je veux seulement vous faire remarquer que l'acide sulfurique, base primordiale de tant d'industries, se fabrique aujourd'hui à un prix inférieur de 45 à 50 0/0 à celui que nous connaissions il y a vingt ans.

Je termine par le carbonate de soude :

Ici, nous retrouvons toujours le procédé classique de Leblanc, avec ses dosages conservés jusqu'à ce jour, tels que les a indiqués, dès le principe, cet illustre inventeur qui était en même temps un grand patriote.

Ses contemporains l'ont vu mourir en désespéré et ce n'est que quatre-vingts ans après sa mort qu'un hommage tardif de la reconnaissance publique est venu perpétuer la mémoire de Leblanc en lui donnant, au conservatoire, à côté de Denis Papin, la place si justement réservée à ces apôtres de la Science et du Progrès.

Bien des tentatives ont été faites et plusieurs, avec succès, non pas pour transformer le procédé Leblanc, qui reste intact, mais pour modifier quelques-unes des opérations qui en forment le cycle : la décomposition du sel par exemple.

On s'est surtout préoccupé de la régénération du soufre retenu dans les résidus du lessivage de la soude brute.

Vous savez que, dans cette fabrication, le soufre transformé en acide sulfurique s'unit d'abord librement à la soude du chlorure de sodium ; puis il rencontre un acide plus insinuant, qui, à la faveur de certaines influences, prend immédiatement sa place dans ce ménage éphémère ; c'est l'acide carbonique.

Après ce divorce, que les chimistes, toujours esclaves de la loi des affinités, favorisent par toutes leurs combinaisons, le soufre se trouve expulsé à l'état de sulfures de calcium et en quantité équivalente à la soude produite.

Il est absolument perdu dans un résidu solide, qui constitue ce qu'on appelle « les marcs ou charrées de soude ».

Ces résidus sont déposés à proximité des usines, sous forme d'énormes cavaliers. Exposés ainsi à l'air, à la pluie, ils donnent lieu à des drainages continuels de liquides infects, qui rendent les cours d'eau, auxquels ils aboutissent, impropres à tous usages agricoles et industriels.

Pour reprendre ce soufre et, en même temps, ôter à ces résidus toute influence fâcheuse, une difficulté se présentait, qui paraissait insurmontable : la charrée, traitée par un acide, dégage des quantités d'hydrogène sulfuré, éminemment toxique ; ce n'est que dans ces derniers temps qu'on est parvenu à le maîtriser et à rendre pratiques les conditions de sa combustion ; vous avez pu voir, à l'Exposition de 1889, de magnifiques spécimens d'un soufre parfaitement pur, obtenu par cette méthode, à Chauny, à un prix fort inférieur à celui du soufre natif.

Dans le procédé Leblanc, à côté de la soude, on obtient l'acide chlorhydrique, qui, par sa réaction sur le bioxyde de manganèse, produit le chlore. Mais, ici encore, tout le manganèse employé est perdu ; il s'écoule en un liquide fortement acide, qui cause des embarras d'autant plus graves, qu'il rencontre ordinairement, dans les mêmes cours d'eau, les solutions sulfureuses venant des charrées de soude.

Le mélange ne produit rien de bon, comme bien vous le pensez ; rien autre que des difficultés administratives, des procès et je pourrais citer telle usine à laquelle ce régime a coûté plusieurs centaines de mille francs.

Rendre ces liquides inoffensifs et en régénérer le manganèse était un problème bien digne de fixer les méditations des chimistes ; il a été résolu d'une façon magistrale par Weldon et, grâce à ses remarquables études, on économise aujourd'hui 95 0/0 du manganèse autrefois dépensé et les résidus malfaisants ont disparu.

Le procédé Leblanc, ainsi complété et enrichi par la régénération de ses deux matières premières les plus coûteuses, semblait assuré d'un long avenir de succès ; je vous indiquerai tout à l'heure, contre quel lutteur il est maintenant appelé à se défendre.

Mais avant ; bien que je redoute un peu de fatiguer votre attention, *(Non ! Non !)* je voudrais vous dire quelques mots d'un procédé, qui a eu quelques succès à son heure et pour lequel je professe une affection un peu paternelle.

On s'est demandé, en présence de ces résidus des deux fabrications de la soude et du chlore, s'il ne serait pas possible de les dénaturer simultanément, l'un par l'autre, et d'en extraire des produits d'un emploi rémunérateur.

La plus grosse difficulté était toujours la présence de cet hydrogène sulfuré qu'on ne nous avait pas encore appris à manipuler sans danger ; cette difficulté a été tournée et voici comment. On reconnut que les marcs de soude, convenablement oxydés à l'air, sous l'action d'excitants, qu'ils produisent eux-mêmes, donnent par des lessivages méthodiques : tantôt des dissolutions de polysulfures ; tantôt des dissolutions d'hyposulfites ; — les premières sous l'action d'un acide, dégagent de l'hydrogène sulfuré ; les secondes, de l'acide sulfureux.

Mais si on mélange ces liqueurs en certaines proportions, les deux gaz, à l'état humide, réagissent l'un sur l'autre et on obtient du soufre sans production sensible de gaz odorant.

Quant au manganèse, il se précipite à l'état de sulfure de manganèse ; il est brûlé, comme pyrite, pour la fabrication de l'acide sulfurique et,

finalement, dans les cendres, par suite de diverses transformations, sur lesquelles je n'insiste pas, on retrouve l'acide de manganèse.

Ce procédé qui, je dois le reconnaître, s'applique à des conditions d'exploitation un peu spéciales, a été industriellement employé pendant quinze années et a produit un bénéfice annuel d'environ 50 000 *f*, au lieu de pertes auxquelles entraînaient toujours les procès, malgré le talent des avocats. *(Rires.)*

En face de l'œuvre de Leblanc s'est dressé, il y a une vingtaine d'années, un rival redoutable, « le procédé de fabrication de la soude par les sels ammoniacaux ».

Sa théorie n'est point neuve et est, par le fait, assez simple : sursaturer d'acide carbonique une solution ammoniacale de chlorure de sodium, on obtient le bicarbonate de soude en passant par le bicarbonate d'ammoniaque, le chlorhydrate d'ammoniaque reste en dissolution ; on en extrait l'ammoniaque par distillation et les eaux résiduelles sont du chlorure de calcium ou du chlorure de magnésium, suivant qu'on utilise la chaux ou la magnésie.

Mais si la théorie est simple, la mise en pratique l'est beaucup moins : de nombreuses tentatives avaient été faites sans donner grands résultats industriels et si la soude à l'ammoniaque s'appelle aussi : « soude Solvay » c'est qu'elle a emprunté le nom de l'éminent Ingénieur, auquel reviennent le mérite et l'honneur d'avoir tracé la voie et d'avoir tout d'une pièce fait entrer dans l'industrie un remarquable procédé.

Il l'a fait avec un succès qu'il m'appartient plus qu'à tout autre, peut-être, de proclamer ici.

Ce procédé, qui produit la soude à un prix fort inférieur à celui de Leblanc, ne donne encore que le carbonate de soude et laisse à son devancier le monopole de tous les dérivés ; malgré cela, il a apporté une véritable révolution dans le régime de l'industrie chimique. Le jour où l'on pourra en récupérer le chlore, le procédé Leblanc aura sans doute vécu.

Différentes méthodes ont été indiquées pour produire le chlore, presque toutes relèvent du procédé Leblanc ; il faut cependant citer l'ingénieuse idée de MM. Péchiney et Weldon, qui le retirent d'un oxychlorure de magnésium obtenu par l'action de la magnésie sur le chlorure de magnésium.

Je dois signaler l'intervention de l'électricité dans l'industrie, qui nous occupe ; l'électrolyse du chlorure est à l'étude et, de temps à autre, on annonce un pas fait en avant. On fabrique déjà couramment, en Suisse, le chlorate de potasse par la décomposition électrolytique du chlorure de potassium.

Enfin, Mes Chers Collègues, n'est-ce point encore à la chimie que les métallurgistes doivent la facilité avec laquelle ils traitent certains minerais autrefois délaissés ?

J'arrête, Messieurs, cette revue que vous avez sans doute trouvée bien longue *(Non ! Non !)* et qui reste, cependant, bien écourtée, au regard de l'importance de l'industrie chimique ; j'ai voulu seulement, par quelques exemples, constater avec vous que, pendant que vous : Constructeurs, Mécaniciens, Métallurgistes, vous produisiez des travaux si frap-

pants et parfois si osés, les chimistes ne restaient pas en arrière et apportaient aussi leur contingent à l'œuvre de civilisation vers laquelle convergent nos efforts communs. *(Très bien ! Très bien !)*

J'ai voulu vous montrer qu'en effet l'industrie chimique est bien à sa place ici, regrettant sincèrement qu'en cette circonstance elle n'y soit pas représentée d'une façon plus digne d'elle et de vous-mêmes. *(Protestations.)*

Avant de m'asseoir, laissez-moi, Mes Chers Collègues, terminer par une simple réflexion :

Ne vous semble-t-il pas qu'en présence des progrès de la Science dans le passé, de ses conquêtes dans le présent, nous pouvons bravement regarder en avant ?

Ne trouvez-vous pas que nous pouvons, dès maintenant, répondre au moraliste du XX^e^ siècle dont je vous parlais il y a un instant : « Que, malgré certaines inquiétudes, notre vie vaut certainement bien la peine d'être vécue » ?

Nous avons tous, Mes Chers Collègues, dans ce siècle qu'on a appelé « le siècle de l'Ingénieur », une mission à remplir, soit dans les sciences, soit dans l'industrie ; accomplissons-la avec courage ; laissons aux esprits moroses et chagrins le triste privilège de médire de notre temps ; ayons confiance en nous-mêmes, et surtout : Avant tout, et quoi qu'il advienne, ne désespérons jamais de la Patrie ! *(Bravo ! Bravo ! Applaudissements prolongés et répétés.)*

M. LE PRÉSIDENT, pour se conformer à l'ordre du jour, demande s'il n'y pas d'observations sur les procès-verbaux des séances des 4 et 18 décembre dernier.

M. J. FLEURY demande à ajouter quelques mots à ce qu'il a dit à la séance du 4 décembre et à compléter la reproduction qui en a été faite au procès-verbal, n'ayant pu dire ce qu'il voulait à ce moment.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer à M. Fleury qu'il ne peut s'agir actuellement que d'une rectification au procès-verbal.

M. FLEURY répond que c'est ainsi qu'il l'entend et a la parole.

Il donne lecture d'une note complémentaire de sa précédente communication.

M. E. SIMON, une fois cette lecture terminée, dit qu'à son avis, la communication que vient de faire M. Fleury ne doit pas figurer au procès-verbal de la présente séance, car ce n'est pas une rectification mais bien une communication nouvelle.

M. FLEURY répond que c'est la reproduction, mise en ordre, de ce qu'il avait dit, dans une forme peut-être un peu confuse, à la dernière séance.

M. LE PRÉSIDENT croit que, pour rester dans l'esprit et la lettre du règlement, il faudrait bien se mettre d'accord sur ce que l'on entend par procès-verbal et par rectification au procès-verbal. L'article 60 du règlement stipule qu'à chaque séance doit assister un secrétaire chargé de prendre des notes et de rédiger un procès-verbal assez écourté, en ayant soin de relater les idées émises par les orateurs, mais pas de reproduire

les phrases textuellement. Plus tard, il y a quelques années, sous la présidence de M. Gottschalk, pour mettre fin ou pour parer à certaines difficultés, on a eu l'idée fort heureuse d'adjoindre au secrétaire un sténographe. Il semble qu'il devrait être évident que la sténographie reproduit mieux que personne la physionomie exacte, la couleur d'une discussion, et le procès-verbal ne devrait pas être autre chose qu'un résumé de cette sténographie.

Depuis quelque temps, plusieurs de nos collègues, trouvant que le procès-verbal bimensuel est un peu écourté et ne rend pas exactement la forme de ce qu'ils ont dit, ont protesté, et on avait pris l'habitude de substituer au procès-verbal, rédigé après la séance d'après la sténographie, des notes rédigées à domicile par les auteurs de communications.

Il y a à cela un inconvénient : c'est que dans une discussion par exemple, quand un orateur a parlé dans un sens, un autre parle dans un sens contraire; les arguments qui soutiennent l'opinion non, sont déduits des arguments qui soutiennent l'opinion oui. C'est par la sténographie que l'on peut arriver à avoir la couleur de la discussion et la physionomie de la séance. Il y a un sentiment qui est bien humain, c'est que lorsqu'on rédige après coup une note sur une question qui a été traitée, et sur laquelle peut-être des objections ont été faites, on se met à la place de la personne qui rédige le procès-verbal, et on a tendance à adoucir celles des opinions les plus vivement combattues. Alors, la réplique de l'orateur qui a répondu n'aura plus sa raison d'être.

M. le Président pense qu'il est bon de se mettre d'accord, et pour cela il n'y a qu'à consulter le texte du règlement qui dit que le secrétaire doit rapporter la discussion aussi complètement que possible et de façon à laisser une trace exacte des idées qui ont été émises.

M. le Président ajoute que, puisque nous avons un sténographe, il faut qu'il soit bien entendu que le procès-verbal devra être rédigé dans l'esprit que la sténographie lui donne. Maintenant, si la discussion a donné lieu à des travaux d'une importance plus grande, qui justifient un plus grand développement, l'auteur est libre de lui donner toute l'extension nécessaire.

Il est bien certain que la note que vient de nous lire M. Fleury est autre chose qu'une rectification.

M. Fleury demande à répondre quelques mots. Il dit que dans la discussion du 4 décembre où il est intervenu, il n'a pas pris la parole le premier et a dû répliquer à l'improviste et sans y être préparé. C'est alors qu'il a cru devoir rédiger la note qu'il vient de lire pour qu'elle fût insérée au procès-verbal. La sténographie, dit M. Fleury, n'a pas été en ce qui le concerne reproduite tout entière. En outre, ici elle n'est pas toujours exacte, mais plutôt approximative. Il a cru rester dans les usages en demandant à faire une rectification, car selon lui ce qui est au procès-verbal du 4 décembre représente inexactement ce qu'il a voulu dire; mais puisqu'il s'est trompé il exprime ses regrets d'avoir pris la parole en cette circonstance.

L'incident est clos; et la note de M. Fleury sera déposée aux archives où ceux que la question intéresse pourront en prendre connaissance.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès d'un certain nombre de nos collègues parmi lesquels un de nos anciens présidents.

Ce sont : MM. Alphand, qui était membre honoraire de notre Société depuis 1889, et auprès duquel nous avons toujours trouvé le meilleur accueil ;

1° Mathieu, Marie-Henry. Notre président, M. Polonceau, a prononcé sur sa tombe un discours qui sera inséré au Bulletin et qui retrace la vie de cet homme de bien ;

2° Bourdin, Raphaël-Charles, membre de la Société depuis 1879. — Ancien élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers, il fut directeur des usines de M. Voruz, installa les établissements de Lareinty à la Martinique. En 1866, il devint directeur des ateliers et chantiers de MM. Jollet et Babin, mécanique et constructions navales ; décédé le 24 décembre 1891 ;

3° Lainé, Armand, membre de la Société depuis 1853, fut dessinateur au chemin de fer de Saint-Germain, attaché à la maison Hallette d'Arras, puis sous-Ingénieur du matériel au chemin de fer d'Orléans à Bordeaux, et ensuite Inspecteur principal à la même Compagnie, fut ensuite fondeur (Maison Broquin et Lainé) et président honoraire de la Chambre syndicale des Mécaniciens, Chaudronniers, Fondeurs, membre du Comité d'installation à l'Exposition de 1878, décédé le 25 octobre 1891 ;

4° Cuinat, Joseph-Charles, membre de la Société depuis 1859, attaché aux chemins de fer de l'Ouest, fut Ingénieur à la Compagnie générale des Mines en Espagne, Ingénieur chef de service à la Société de construction des Batignolles, puis Ingénieur à l'Entreprise Borel-Lavalley et C^ie^ au Canal maritime de Suez, décédé le 31 décembre 1891 ;

5° Robin, Théodore, membre de la Société depuis 1867, fut secrétaire de M. Eugène Flachat, puis directeur de la Compagnie des Asphaltes.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés dans la Légion d'honneur :

1° Au grade d'officier :

MM. Aug.-J. Normand, Félix-C. Dehaynin, Léon Édoux, Léon Dru, A. Liébaut, G. Menier, H.-S. Rouart ;

2° Au grade de chevalier :

MM. L. Deharme, O. Guary, Démétrius Monnier, Eug. Asselin, F.-A. Bauquel, Alp. Darlot, G.-M. Dumont, E. Firminhac, E.-B.-P. Garnier, Jules Le Blanc, C.-A. Sevin, Amédée Vernes.

M. G. Canet a été nommé officier du Takowo (de Serbie).

M. J. Gaune a été nommé chevalier de l'ordre du Cambodge.

M. A. Chelu a reçu le titre de bey.

Par décret du Ministre des travaux publics, en date du 26 décembre, ont été nommés vice-présidents de la commission pour l'étude des méthodes d'essai des matériaux de censtruction :

1° (A). Section des métaux, M. E. Polonceau, président de la Société des Ingénieurs Civils ;

2° (B) Section des matériaux de construction autres que les métaux. M. A. Brüll, ancien président de la Société des Ingénieurs Civils.

Ces deux nominations, dit M. le Président, sont un hommage rendu dans la personne de nos collègues à la Société des Ingénieurs Civils. *(Applaudissements.)*

Dans sa séance du 21 décembre 1891, l'Académie des Sciences a décerné le *Prix Fourneyron* à notre collègue, M. Leloutre, pour son très important travail sur la *Théorie de la Machine à vapeur et la Théorie de l'Enveloppe.*

M. Belpaire, membre de la Société, notre correspondant en Belgique, a été nommé Président de la *Commission internationale du Congrès des Chemins de fer*, en remplacement de M. Fassiaux, directeur général des chemins de fer au ministère belge.

Ce poste a une grande importance. La Commission dont il s'agit est la Commission internationale *permanente*, chargée de préparer les réunions du Congrès officiel des chemins de fer dont les précédentes sessions ont eu lieu à Bruxelles en 1885, à Milan en 1887, à Paris en 1889, et qui se réunira *cette année* à Saint-Pétersbourg.

M. Belpaire était l'un des vice-présidents de la Commission ; l'autre vice-président est l'honorable M. Picard, président de section au Conseil d'État de France, auquel le poste de président avait été offert, mais qui s'est récusé en faveur de M. Belpaire, administrateur des chemins de fer de l'État belge, voulant laisser ainsi à la Commission son caractère de neutralité internationale.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. E. Level a fait abandon de deux bons de l'Emprunt de 1889 et que M. G. Canet a fait don d'une somme de 1 000 *f*.

M. le Président adresse les remerciements de la Société à nos collègues.

M. LE PRÉSIDENT signale plus spécialement, parmi les ouvrages reçus, déposés sur le bureau, un magnifique album de vues phototypiques de l'*Égypte*, le *Soudan*, l'*Abyssinie*, donné par M. A. Hallopeau, et un *Traité d'hydraulique* de M. J. Olive.

M. LE PRÉSIDENT annonce que la Société Industrielle de Mulhouse, désireuse d'encourager les recherches qui seraient faites dans la voie de la centralisation des moteurs en général, soit hydrauliques, soit à vapeur, offre une médaille d'honneur et une somme de 2 500 *f* au meilleur mémoire comparatif présenté sur cette question avant le 15 mai 1892 et visant spécialement la région industrielle de la Haute-Alsace. (Les renseignements sont déposés au secrétariat.)

M. LE PRÉSIDENT demande à ajouter quelques mots. Il engage tous ceux de nos collègues qui disposent de quelques loisirs à se mettre à l'œuvre pour apporter à la Société le fruit de leurs travaux et donner ainsi à nos séances un grand intérêt. Il compte sur chacun pour l'aider à établir les ordres du jour de nos réunions.

DATES DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ POUR 1892

Par suite de la coïncidence du Premier de l'An, du Vendredi-Saint et du 14 Juillet, avec les dates de nos réunions, les séances correspondantes (*) ont été reculées de huit jours, et auront lieu conformément au tableau ci-dessous :

JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN
*8	5	4	1	6	3
*22	19	18	*22	20	17
JUILLET	**AOUT**	**SEPTEMBRE**	**OCTOBRE**	**NOVEMBRE**	**DÉCEMBRE**
1	5	VACANCES	7	4	2
*22	VACANCES		21	18	16

La séance est levée à dix heures.

Séance du 22 Janvier 1892.

PRÉSIDENCE DE M. P. BUQUET.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer les décès de trois de nos collègues.

M. Ernest Daguin, sorti de l'École Centrale en 1839. Associé, d'abord, à son père dans l'exploitation d'une importante maison de commerce à Paris, il fonda ensuite, dans le département de la Meurthe, la saline de Saint-Nicolas, qui, sous sa féconde impulsion, devint bientôt l'une des plus considérables de l'Est.

Récemment, il y adjoignit une soudière à l'ammoniaque qu'il sut rapidement faire prospérer au milieu de difficultés qui, à tout autre qu'à lui, auraient paru insurmontables. Il donna, dans ces deux affaires, la mesure de ses talents réels d'administrateur.

La sûreté de son jugement, les qualités de son esprit pondéré et surtout bienveillant firent de sa présidence du Tribunal de Commerce de la Seine l'une des plus remarquées.

Daguin a été membre de notre Comité et deux fois président de l'Association amicale de l'Ecole Centrale. Adjoint au maire du IX[e] arron-

dissement à Paris, il fut pendant quelque temps membre du Conseil général de Meurthe-et-Moselle.

Sa haute situation industrielle devait nécessairement appeler sur lui l'attention de ses amis politiques ; inébranlable dans ses convictions, fidèle à ses souvenirs, il crut de son devoir d'accepter un poste de combat, et fut deux fois candidat à la députation de la Seine contre deux personnalités qui devinrent bientôt les élus du pays tout entier.

Vaincu, il renonça à la politique, suivi dans sa retraite par l'estime de ses adversaires eux-mêmes.

Quant à nous, qui devons nous tenir éloignés de ce terrain brûlant, nous ne pouvons que garder, tous, un précieux souvenir du collègue qui emporte tous nos regrets.

M. A. Poncelet, qui fut Ingénieur-Directeur des Chemins de fer de l'État belge. Membre de la Société depuis 1864. Il était en dernier lieu administrateur des chemins de fer du Nord de l'Espagne.

M. Gust. Roy, ancien élève de l'Ecole Centrale (promotion de 1870), fut chef de section aux travaux neufs à la Compagnie du chemin de fer d'Orléans à Rouen, puis fabricant de faïences pour le bâtiment et l'architecture. Membre de la Société depuis 1887.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes.

Ont été nommés :

Chevaliers de la Légion d'honneur : M. Émile Cornuault, directeur des hauts fourneaux et de la Compagnie du Gaz de Marseille et des Houillères de Portes et Senéchas, ancien président de la Société technique de l'industrie du gaz en France ;

M. V.-A. Deschiens, Ingénieur associé de la Société française de Produits pharmaceutiques, attaché au Laboratoire de thérapeutique et d'hygiène de l'hôpital Cochin, membre de la Société de médecine pratique de Paris.

Officiers de l'Instruction publique : MM. P.-F.-J. Charpentier et Ch.-A. Girard.

Officiers d'Académie : MM. E. Gibault, L.-A. Lemoine, G.-P. Roy et J.-Ch.-A. Rousseau.

Chevaliers du Mérite agricole : MM. Alphonse Hardon et Armand Olive.

Ont été réélus membres du Comité consultatif des chemins de fer :

MM. Dietz-Monnin, — Reymond, — Prevet, — Richemond, — Level, — Gottschalk, — Camus, — Villard, — Weiller et A. Guillotin.

M. Charles Bourdon a été nommé professeur du cours de machines à vapeur (2e année) à l'École Centrale des Arts et Manufactures.

M. LE PRÉSIDENT informe la Société que M. N. Belelubsky a envoyé à la Société une somme de 50 roubles. Il remercie notre collègue de ce don généreux.

M. LE PRÉSIDENT signale parmi les ouvrages reçus un travail de M. Félix Lucas sur *l'électricité*, et dont M. A. Brûll a bien voulu faire une analyse.

M. A. Brüll a la parole et s'exprime ainsi :

J'ai l'honneur de présenter à la Société, de la part de M. Félix Lucas, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, le *Traité pratique d'électricité* dont il est l'auteur. L'ouvrage qui vient de paraître à la librairie Baudry est un fort volume grand in-8° avec nombreuses figures dans le texte.

En présence des merveilleux développements que prennent les applications de l'électricité, les Ingénieurs ont besoin d'en savoir les lois, d'en mesurer les ressources, d'en posséder le maniement : il leur faut connaître les méthodes et appareils de mesure, les machines génératrices et réceptrices des courants, les accumulateurs et les transformateurs, les canalisations qui servent à transporter et à distribuer l'énergie électrique.

Je me permets de vous demander un bienveillant accueil pour le livre de M. Lucas, parce qu'il répond bien à ce besoin que nous éprouvons tous d'acquérir des connaissances précises dans une science encore jeune et déjà si féconde.

L'auteur a été Directeur du Service des phares et s'est beaucoup occupé de lumière électrique. Il a été chargé par M. le Ministre des travaux publics d'une mission spéciale ayant pour objet l'étude des applications d'intérêt général d'électricité. C'est à la suite de cette mission qui avait été l'occasion de nombreuses études, que M. Lucas a été amené à élaborer et à rédiger son traité d'électricité. Il l'a fait avec son habileté reconnue de mathématicien, de calculateur ingénieux et il a su présenter les théories les plus délicates avec une lucidité et une concision qui les ferait croire simples et faciles.

La partie théorique de cet ouvrage modestement intitulé : « Traité pratique » est très importante. Les définitions sont claires et complètes, les démonstrations sont méthodiques et souvent élégantes. Laissant de côté les hypothèses proposées pour expliquer la nature même de l'électricité, l'auteur a exposé avec développement tous les principes scientifiques qui gouvernent les phénomènes, les lois découvertes par Coulomb, Green, Poisson, Laplace, Kirchoff, Joule, Ampère, Weber, Foucault, Peltier, W. Thomson. L'esprit le plus rigoureux trouvera satisfaction dans ces exposés. Veut-on, par exemple, comprendre comment le contact des métaux fait naître une différence de potentiel ? Comment un courant électrique prend naissance dans un circuit où s'exercent des actions chimiques ou des effets calorifiques ? Comment se produit l'induction ? On peut suivre l'auteur avec confiance dans l'analyse intime de ces manifestations si curieuses et si fertiles en précieuses applications. On remarquera, entre autres, les chapitres consacrés au circuit induit et au circuit magnétique inducteur qui prépare, dans la quatrième partie du livre, l'étude des machines magnéto et dynamo-électriques.

Nous rapporterons en quelques mots une curiosité scientifique présentée dans la première partie du traité, intitulée théorie mécanique du magnétisme et de l'électricité.

L'auteur considère un conducteur plan indéfini, de faible épaisseur, placé dans un milieu parfaitement isolant. En certains points de ce conducteur, on fait arriver des quantités déterminées d'électricité par seconde. Si ces quantités sont telles que le débit total d'électricité positive soit égal au débit total d'électricité négative, il s'établira un régime perma-

nent de courants parallèles aux surfaces et celles-ci seront ainsi normales aux surfaces de niveau, c'est-à-dire d'égal potentiel.

A l'aide de calculs basés sur la théorie de Poisson, on peut déterminer par rapport à deux axes rectangulaires tracés sur la plaque, la figure des lignes de niveau et celle des lignes de flux électrique qui sont partout normales aux premières. Certaines de ces lignes peuvent présenter des points nodaux où la courbe a deux tangentes distinctes et les nœuds des courbes de niveau sont naturellement des nœuds des lignes de flux. En ces points le flux d'électricité est nul.

Mais, chaque courbe de niveau peut se déterminer point par point par une exploration au galvanomètre. Il suffit de placer l'extrémité d'un conducteur sur un point de la courbe et de parcourir la plaque avec l'autre extrémité. Tout point pour lequel aucun courant ne se manifestera sera au même potentiel que le premier point et fera ainsi partie de la courbe de niveau qui correspond à celui-ci.

Tels sont les principes sur lesquels M. Lucas base une méthode originale de solution par l'électricité des équations algébriques de degré quelconque p à coefficients réels : $F(x) = 0$.

Sur l'axe des abscisses, à partir de l'origine et de part et d'autre de celle-ci, il porte $p+2$ longueurs arbitraires. Supposons écrite l'équation $(x) = o$ dont ces $p+2$ longueurs sont les racines.

On sait que l'on peut calculer aisément, en fonction de ces longueurs les paramètres du quotient $\frac{(x)}{F(x)}$.

Cela posé, et sur chacun des points ainsi choisis le long de l'axe des x, on fait arriver à l'aide d'une source d'électricité et de résistances convenablement réglées, un courant d'une intensité proportionnelle au paramètre qui correspond à la valeur de x en ce point et de même nom que cette valeur, la plaque conductrice prendra un état électrique déterminé : le flux électrique sera nul pour les points nodaux au nombre de p qui seront précisément les points racines de l'équation proposée $F(x) = 0$.

L'électro-magnétisme pourrait être employé aussi d'une façon analogue à la résolution des équations. Des fils conducteurs traversant normalement une feuille horizontale de matière non conductrice recevraient dans l'un ou l'autre sens des courants d'intensités calculées. De la limaille de fer répandue sur la feuille dessinerait un spectre magnétique dont les points nodaux marqueraient les racines de l'équation.

Dans la deuxième partie, consacrée aux mesures électriques, on trouve, avec tous les développements nécessaires, l'exposé des méthodes et la description des instruments employés dans les laboratoires pour mesurer les moments magnétiques, les potentiels électro-statiques, l'intensité des courants, les capacités, les résistances, les forces électro-motrices et les coefficients de self induction.

La troisième partie traite des piles, des accumulateurs et des machines électro-statiques, sans décrire toutefois les mille variétés de piles primaires et secondaires dont la liste s'accroît chaque jour.

Les machines génératrices viennent ensuite. L'étude des divers systèmes d'enroulement, des modes variés d'excitation, des moyens de captage du courant, est fort intéressante, et bien que là encore l'auteur

ait été obligé à un éclectisme sévère en présence des innombrables productions de l'esprit inventif, on trouve cependant les types les plus importants de machines à courants continus, redressés et alternatifs, ainsi qu'un exemple des calculs nécessaires à l'étude de construction d'une machine.

Le titre de la cinquième partie est : transport, distribution et transformation de l'énergie électrique ; elle comprend aussi les électro-moteurs. On y trouve un grand nombre d'informations directement utilisables dans les applications industrielles.

L'utilisation de l'énergie électrique occupe naturellement la dernière partie du « Traité pratique ». Dans le chapitre de la lumière électrique, nous citerons les intéressantes expériences que M. Lucas a faites en 1886 à l'atelier central des phares sur la lumière émise par le carbone dans le vide, lorsqu'on y fait passer des courants électriques de très grande intensité par rapport à la section transversale.

Il a employé des tubes cylindriques de charbon préparés par M. Carré. Ces tubes avaient 20 *mm* de longueur, 8 *mm* de diamètre extérieur et 0,5 *mm* d'épaisseur. Afin d'utiliser l'incandescence de la surface intérieure aussi bien que celle de la surface extérieure, on a pratiqué dans la paroi des cylindres des évidements circulaires de manière que l'aire totale des évidements était à peu près égale à celle des pleins.

Ces tubes étaient montés à l'aide de dispositions fort ingénieuses au centre d'un ballon de verre dans lequel on pouvait faire le vide, et dont les deux montures métalliques recevaient le courant alternatif d'une machine magnéto-électrique de Méritens.

On mesurait à chaque expérience l'intensité du courant et l'intensite lumineuse. On n'a pas cherché à mesurer directement la température du tube de carbone, mais on l'a évaluée approximativement en rapprochant deux expressions obtenues empiriquement de la résistance du tube en fonction de l'intensité et en fonction de la température.

En augmentant graduellement le débit du courant, on a observé que le tube restait obscur jusqu'à 31 ampères. A 40 ampères, la température étant de 1 000° environ, il ne donne qu'une lumière de 4 carcels. L'intensité lumineuse croit à peu près proportionnellement au débit du courant. On n'obtient encore que 15 carcels pour 60 ampères avec une température à peu près égale à celle de la fusion du platine, 1 500°. Cette proportionnalité approximative se continue jusqu'à 125 ampères où la lumière produite est de 106 carcels. La courbe de l'intensité lumineuse s'élève ensuite très rapidement jusqu'à environ 390 carcels, ordonnée qu'elle atteint pour un courant de 165 ampères. Elle monte ensuite très lentement et atteint, pour 190 ampères et 4 500° environ, le maximum de 420 carcels pour diminuer ensuite lorsque l'intensité et la température continuent à augmenter.

Le rapport de l'intensité lumineuse à l'énergie électrique dépensée en chaleur par seconde par l'anneau incandescent atteint sa valeur maxima pour l'intensité de 160 ampères ou 4 000° à peu près. La lumière d'une carcel coûte alors un peu moins de 2 watts.

On est bien loin, comme on le voit, de la dépense de 25 à 35 watts par carcel qu'exigent communément les lampes à incandescence les plus

économiques. Il est vrai que les tubes perforés sur lesquels ont porté les expériences ne résistaient que pendant quelques minutes, à peine le temps nécessaire pour la mesure du courant consommé et de la lumière produite. Mais ces expériences n'en sont pas moins frappantes et suggestives : elles montrent bien combien la lumière à incandescence deviendrait économique si l'on parvenait à préparer des filaments résistant longtemps sans se désagréger à des températures de 3 à 4 000°.

Cette lumière est encore fort coûteuse aujourd'hui. D'après les indications numériques présentées dans le « Traité pratique », elle coûte, pour Paris, sensiblement plus que la lumière du gaz, et constitue actuellement un éclairage de luxe. Dans les gares de chemins de fer, l'éclairage à incandescence, pour une durée de 700 heures par an, revient à plus de 0,05 *f* par carcel et par heure. Dans une petite ville où l'on utilise une chute d'eau située à 2 500 *m* de distance, le prix serait de 0,06 *f*.

Après l'étude de la lumière électrique, viennent celles de la transmission de la puissance, de la traction, de l'électro-métallurgie. La télégraphie et la téléphonie et bien d'autres applications de l'électricité ne sont pas traitées. Il faudrait des volumes pour les passer en revue, même sommairement.

Mais, si le lecteur trouve un peu abrégée la partie relative aux applications des courants électriques, c'est là un regret qui ne saurait désobliger l'auteur, car il est peu de livres auxquels on puisse reprocher d'être trop courts.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Brüll de cette intéressante analyse d'un ouvrage dont l'importance n'échappe à aucun de nous et qui sera consulté avec fruit par tous ceux qui s'intéressent aux questions si actuelles touchant l'électricité.

M. D.-A. CASALONGA a la parole pour présenter sa communication sur *L'Ensemble des lois et règlements appliqués en Allemagne à la propriété industrielle.*

M. CASALONGA présente d'abord une sorte d'état chronologique de la législation française et de la législation allemande sur les marques de fabrique, les dessins de modèles, les dessins d'utilité et les patentes. Il rappelle qu'en France, dès 1552, on trouve des édits s'appliquant à la protection des marques de fabrique. Il passe en revue les diverses lois successivement édictées, pour terminer par la loi de 1844 et les décrets de 1887, 1890 et 1891 qui régissent encore la matière à l'heure actuelle.

En Allemagne, pendant longtemps, il n'exista que des lois particulières à chaque État. C'est ainsi qu'en 1842 il y avait plus de trente lois différentes ; lors de la formation du Zollverein, un premier pas fut fait par l'adoption du principe de l'examen préalable. Puis, en 1871, fut promulguée une loi basée sur le même principe. Cette loi a été ultérieurement modifiée.

M. Casalonga examine ensuite les quatre parties de cette loi se rapportant aux marques de fabrique, aux dessins de modèles, aux dessins d'utilité et aux patentes ; il fait ressortir les différences qui existent avec la loi française, surtout au point de vue de la contrefaçon.

En ce qui concerne les brevets, une loi nouvelle est appliquée depuis le 1er octobre 1891.

M. Casalonga indique les considérations qui ont présidé à l'élaboration de cette loi, rappelle l'organisation et les travaux du bureau d'examen ou *Patentam* et aborde la question des lois relatives aux patentes.

Il indique les principaux articles de ces lois : confection des dessins, paiement des annuités, validité des brevets, etc., et donne une statistique des brevets en Allemagne dans les douze premières années de l'ancienne loi.

En terminant, M. Casalonga insiste sur ce point que la question de la propriété industrielle est très importante et qu'en Allemagne on a fait beaucoup à ce sujet en peu de temps.

En France, nous avons encore bien des points à réformer. Il serait plus qu'utile de s'occuper activement de cette question au point de vue de la défense des intérêts généraux du pays.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Casalonga de cette communication très étudiée et très complète. Les documents qu'elle contient sont de nature à élucider bien des points de cette question dont l'importance, en effet, est primordiale et qu'il est urgent d'étudier et de résoudre sans retard.

M. É. LIPPMANN a la parole pour présenter le *Compte rendu technique de l'excursion faite par les membres de la Société en Hollande.*

Cette communication, accompagnée de projections, et dont M. Lippmann, vu l'heure avancée, ne peut donner que la première partie, comprenant le départ de Paris et la journée du lundi à La Haye, sera continuée à la prochaine séance du 5 février.

Elle sera insérée *in extenso* dans les Bulletins de décembre 1891 (1re partie) et de janvier 1892 (2e partie).

La séance est levée à onze heures.

ÉTUDE

DE

L'ENSEMBLE DES LOIS ET RÈGLEMENTS

QUI RÉGISSENT ACTUELLEMENT

LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE EN ALLEMAGNE

PAR

M. D.-A. CASALONGA

Peut-être vous étonnez-vous que je n'aie pas préféré vous présenter d'abord au moins un abrégé des lois et règlements qui régissent la propriété industrielle en France, plutôt que l'étude des lois et règlements qui régissent la même propriété en Allemagne.

La raison en est que ce genre de propriété est reconnu et réglementé chez nous depuis plus longtemps et qu'il a été l'objet de travaux considérables de législation et de jurisprudence, faits par des maîtres dans la science du droit et qu'il est aisé à chacun de nous de consulter.

C'est pourquoi je me bornerai à une simple énumération des principaux statuts, lois, règlements, ordonnances et décrets qui se sont rapportés, ou se rapportent encore, en France, à la propriété industrielle.

Sans remonter jusqu'à l'origine des droits régaliens, ou à l'Édit de 1564, *punissant de mort le contrefacteur de marques apposées sur les draps d'or*, on rencontre, dès 1734 et 1744, des règlements ou statuts relatifs à la protection des *dessins* de la fabrique lyonnaise, déjà réputée pour ses soieries.

Une déclaration royale du 24 décembre 1762, accordait, sous certaines conditions, aux auteurs d'inventions industrielles, une protection de quinze ans. L'Académie des sciences créée en 1666 par Colbert devait être consultée, mais elle ne l'était pas toujours et d'ailleurs ses décisions furent souvent regrettables.

Le mémorable Édit de Turgot est de février 1776; mais son effet ne dura pas plus de six mois.

Par un arrêté royal de 1787, l'effet des statuts de 1734 et 1744 fut étendu à toutes les villes du royaume.

Le 31 décembre 1790 et le 7 janvier 1791, la Constituante édicta la loi sur les brevets d'invention, loi appliquée le 25 mai suivant et dont le centenaire a été célébré, au mois de mai dernier, à l'instigation et par l'initiative du syndicat des Ingénieurs-Conseils, centenaire où la Société fut représentée par le président, M. E. Polonceau, que nous avions alors l'honneur d'avoir à notre tête.

Le 19 juillet 1793 fut promulguée, par la Convention, la loi relative aux auteurs d'écrits, compositeurs de musique, peintres, dessinateurs.

Une ordonnance impériale du 18 mars 1806, venant à la suite d'un décret répressif du 25 germinal an XI, sur les marques de fabrique, institua à Lyon, un Conseil de prud'hommes, chargé de recevoir les dépôts de dessins, de veiller à leur conservation et de régler les contestations y relatives.

Après le décret du 10 août 1810, réglant la question des remèdes secrets, et la loi du 24 juillet 1824, se rapportant aux usurpations ou altérations de noms sur les produits fabriqués, une ordonnance royale du 17-25 août 1825 étendit les effets de la loi du 18 mars 1806 à toutes les villes du royaume. Cette loi de 1806 constitue, par son organisation et sa réglementation, une grave lacune dans notre législation industrielle.

La loi du 5 juillet 1844 vint réformer celle de 1791 sur les brevets d'invention. C'est celle qui est encore en vigueur aujourd'hui et qui semble, à quelques-uns, mériter à son tour une réforme urgente. Une loi du 31 mai 1856 en modifia l'article 32; un arrêté du 21 octobre 1848 et un décret du 5 juin 1850 en étendirent l'application aux colonies et à l'Algérie.

Enfin, les 22 juin 1857 et 26 juillet 1858 furent successivement publiés : la loi sur les marques de fabrique et de commerce et son décret-règlement, suivi, le 3 septembre suivant, d'une instruction ministérielle, complétant la procédure à suivre.

Cette loi a été souvent prise comme modèle depuis par divers États étrangers : elle a été complétée par la loi du 26 novembre 1873 relative à l'apposition d'un timbre d'État sur les marques, et modifiée, dans son article 2, par la loi du 3 mai 1890, à laquelle est venu s'ajouter le décret présidentiel du 27 février 1891 régle-

mentant à nouveau les conditions du dépôt des marques et centralisant les marques déposées, non plus au Conservatoire des Arts et Métiers, mais au Ministère du Commerce, rue de Varennes.

Je passe sur certains décrets ou lois se rapportant aux expositions ou à des périodes transitoires.

Je rappellerai, pour mémoire, un projet de loi sur les dessins industriels et les marques de fabrique, déposé par M. Bozérian, sénateur, le 11 janvier 1877, et dont le libre cours se trouve suspendu, après avoir donné lieu à d'importants travaux parlementaires.

J'arrive maintenant, messieurs, à l'objet même de ma communication.

Lois et Règlements qui régissent la Propriété industrielle en Allemagne.

En en faisant tout d'abord un cours historique, et sans aller non plus bien loin dans l'étude des lois édictées en Allemagne, en faveur de la propriété industrielle, on rencontre une situation étroitement liée à celle de l'état politique dans lequel se trouvait ce pays il y a vingt ans à peine.

Dans l'ancienne Confédération germanique, comprenant quarante États, on ne comptait pas moins de vingt-neuf lois différentes sur les brevets d'invention.

Dans certains de ces États aucune législation spéciale n'existait ; seuls des privilèges pouvaient y être obtenus, quoique assez difficilement. Dans certains autres, comme dans le Mecklembourg, dans les villes libres de Brême, Hambourg, Lubeck, aucun privilège n'était accordé.

Dès 1842, cependant (le 21 septembre), une union, connue sous le nom de Zollverein, s'était établie entre vingt-cinq des États de la Confédération, union dans laquelle on chercha à unifier certains principes généraux des lois alors existantes. Chaque État, toutefois, tout en étant astreint à effectuer l'examen préalable, restait libre pour la fixation des taxes, pour le mode d'examen, pour la manière de prescrire l'exploitation, de fixer la durée du brevet, etc.

Un inventeur, breveté dans l'un des États, pouvait seul, dès que, toutefois, sa demande avait été publiée, être valablement breveté dans les autres États ; mais son privilège ne le défendait pas contre l'introduction des objets brevetés.

La situation, au point de vue des marques de fabrique et de commerce était encore plus fâcheuse. La contrefaçon en était devenue en quelque sorte endémique, avec des fluctuations, des incertitudes fréquentes, dans l'application, par les tribunaux, des principes de protection.

Dans les vingt-cinq États du Zollverein figurait la Prusse, qui y occupait une situation prépondérante, et dont le gouvernement, notoirement hostile à l'institution des brevets, comme à toute répression de la contrefaçon des marques, ne délivrait de rares patentes aux inventeurs qu'après un examen préalable des plus rigoureux. — Pendant une période qui a duré un certain nombre d'années, la proportion des demandes à celle des délivrances a été de dix à un. Et il faut ajouter que l'inventeur pouvait bien empêcher la fabrication de ce qui faisait l'objet de son brevet, mais non son introduction.

Un tel état de choses, peu tolérable, fit naître, à côté du parti, dit des Économistes, demandant la suppression radicale de toute loi sur les brevets, celui dit des Ingénieurs, demandant l'uniformisation des diverses lois existantes.

Saisie déjà de la question dès 1862, la Diète germanique d'alors fit étudier la question par une Commission dont le rapport fut repoussé par beaucoup des États de l'Union, notamment par la Prusse, dont trente et une chambres de commerce sur quarante-sept avaient émis un avis défavorable à l'institution des brevets d'invention.

C'était, il faut bien le dire, le moment où florissait, en France même, l'école de Michel Chevalier, et où l'éminent professeur d'économie politique au Collège de France lançait publiquement cette véhémente apostrophe devenue légendaire :

« Les brevets d'invention sont un outrage à la liberté de l'industrie. — Tous les amis du progrès industriel et social doivent unir leurs efforts pour délivrer l'industrie d'entraves, restes surannés du passé. — Les brevets d'invention doivent disparaître les premiers. »

Les partisans des brevets ne se découragèrent pas cependant et leurs efforts ne restèrent pas infructueux.

Dans la Constitution de l'Allemagne du Nord, qui avait déjà donné naissance à la loi du 11 juin 1870 sur le *droit d'auteur en matière d'écrits*, et qui fut transformée en 1871 en Constitution de

l'Empire, l'article 4 déclarait que le Reischtag s'occuperait d'une législation sur les brevets d'invention.

Ce que la raison et l'équité n'avaient pu obtenir la nécessité de cimenter une union politique plus étroite, issue de grands événements, allait l'imposer au gouvernement qui avait été jusqu'alors le plus hostile, mais qui avait maintenant le plus grand intérêt à cesser son hostilité.

Une pétition fut adressée en 1872 au Reischtag qui, dans la séance du 10 mai la renvoya au chancelier de l'Empire, en recommandant la question au gouvernement.

En 1873 le Congrès de Vienne sur les brevets d'invention, les Commissions d'enquête anglaises, déclaraient qu'il était désirable que le système des brevets d'invention, *favorable aux progrès de l'industrie, conforme à la justice*, fût adopté dans tous les pays.

Aussitôt une association des défenseurs des brevets d'invention se constitua en Allemagne.

Une nouvelle pétition fut envoyée par elle au Reischtag, dès 1874, pétition appuyée en 1876 auprès du Conseil fédéral par une proposition de loi.

Enfin le gouvernement, qui déjà avait favorisé l'avènement des lois du 30 novembre 1874 sur les marques de fabrique et de commerce, et 11 janvier 1877 sur les modèles et dessins industriels, se décida à présenter au Reischtag, le 24 février 1877, un projet de loi sur les brevets d'invention.

Ce projet, renvoyé d'abord à une Commission, puis sommairement discuté en première lecture le 2 mars 1877, fut définitivement adopté aux lectures des 1er et 3 mai suivant.

Promulguée le 25 du même mois la nouvelle loi entrait en vigueur le 1er juillet 1877.

Une ordonnance impériale du 18 juin organisait l'office des brevets ou patentes, lequel, par divers arrêtés, dont le plus important est celui du 21 juillet, réglait la procédure relative aux demandes.

Dès lors donc que le gouvernement allemand eût trouvé bon de les instituer, les lois relatives à la propriété industrielle furent étudiées, sanctionnées, promulguées, avec la plus grande célérité.

La première loi sur les brevets d'invention porte, ai-je dit, la date du 1er juillet 1877. On était, alors, en France, à la veille de l'Exposition universelle de 1878 où un Congrès international

sur la propriété industrielle était annoncé comme devant avoir lieu.

Les Allemands ne crurent pas devoir attendre — ni les Espagnols non plus, du reste — les renseignements qui pouvaient sortir de ces assises qui, à défaut du regretté Renouard, furent magistralement présidées par M. Bozérian et d'où sortit, à l'honneur de la France et des membres éminents qui contribuèrent à le faire adopter, le *principe d'une convention internationale de la propriété industrielle*, laquelle fut mise en vigueur entre divers États le 24 mars 1884, et dont notre collègue M. E. Bert nous a entretenus ici-même.

Ainsi, du 30 novembre 1874 au 25 mai 1877, dans moins de quatre ans, l'Allemagne avait étudié, discuté, promulgué, trois lois principales pour régir la propriété industrielle dans tous les pays d'empire, créant ainsi un nouveau lien d'unité qui venait renforcer l'appareil militaire unique mis désormais dans les mains de la Prusse.

Et moins de quinze ans après la partie la plus importante de cet ensemble, la loi des patentes, était entamée, réformée, pendant qu'une loi nouvelle dite des *Modèles d'utilité* venait la compléter.

C'est cet ensemble nouveau que nous allons examiner en commençant par les lois anciennes qui ont continué à y subsister.

Loi du 30 novembre 1874 sur les marques de fabrique.

La loi du 12 juin 1870, relative aux écrits d'auteur, ayant été placée *à la suite* de la loi du 11 janvier 1876, sur les dessins et *modèles industriels*, tout comme si elle avait même date et en faisait partie intégrante, nous commencerons par la loi du 30 novembre 1874 sur les marques de fabrique et de commerce, réglée, dans son application, pour les marques nouvelles, par l'ordonnance du 8 février 1877.

Chacun se souvient de l'émotion qui s'empara de nos fabricants lorsque parut la loi allemande sur les marques. C'est que le principe fondamental de cette loi, d'un caractère d'ailleurs essentiellement oligarchique, était celui de la *déclaration préalable, dans un délai donné*, passé lequel chacun pourrait, dans les pays d'empire, faire usage de toute marque étrangère non déclarée, et même se l'approprier légalement.

Ce principe qui a, par ailleurs, ses avantages particuliers, revê-

tissait, dans la circonstance, un certain caractère spoliateur; et cela parce que, dans la plupart des pays, et notamment en France, la marque a été considérée jusqu'ici comme une propriété de fait, s'établissant par l'existence et l'usage, et non pas par une déclaration pure et simple, que nos tribunaux n'exigent que s'il y a lieu d'exercer des poursuites.

Grâce à l'éveil donné par le Ministère du commerce, grâce aussi à l'action de l'Union des Fabricants, ayant pour directeur M. de Maillard de Marafy, nos principales marques purent être enregistrées en temps voulu au Tribunal de commerce de Leipsick; mais combien de commerçants qui, par ignorance, ou par suite des difficultés rencontrées, ne le firent pas au détriment de leurs intérêts.

Voici l'article Ier de cette loi :

« Article I. — Les *industriels* dont la maison est inscrite sur le » Registre du Commerce, peuvent faire devant le tribunal du » lieu de leur établissement principal et pour les faire enregistrer » au Registre de Commerce dudit lieu, la déclaration de mar- » ques destinées à être apposées sur leurs marchandises, ou sur » l'emballage desdites marchandises afin de les distinguer de » celles d'autres industriels. »

Le principe de la déclaration préalable dont on dit qu'il constitue, pour un dépôt de marque, le prix de la course, a suscité de vives critiques, même en Allemagne, et notamment à un Congrès de spécialistes qui eut lieu le 1er décembre 1890, à Berlin.

Ce principe, cependant, je me suis permis de le défendre, même en l'étendant à la propriété artistique, lors de la discussion qui eut lieu, en 1889, au Congrès de la Propriété industrielle, estimant que lorsqu'un enfant naît de n'importe quelles œuvres, il doit être, avant tout, déclaré et enregistré.

Ce n'est pas, qu'en pensant ainsi, je veuille méconnaître, avec beaucoup d'autres collègues, les droits imprescriptibles d'une possession antérieure légitime ; mais tout en sauvegardant le plus possible ces droits, par des délais et des avertissements suffisants, au besoin par une tolérance d'exception, il faut de toute nécessité, si on veut être légitimement armé contre la contrefaçon, avertir les tiers de telle sorte qu'ils ne puissent invoquer aucune excuse. Et quel meilleur moyen d'arriver à ce but que par l'enregistrement et par la publicité donnée à cet enregistrement?

Aujourd'hui, beaucoup de bons esprits, en présence du grand

accroissement des dépôts de marques, et de l'infinie diversité de ces marques, sentent plus vivement cette nécessité de l'inscription préalable, de la centralisation et de la publication des marques enregistrées, afin que nul ne puisse dire qu'il en ignore ; et j'ai été heureux d'apprendre tout récemment d'un de mes plus distingués contradicteurs, à ce Congrès de 1889, qu'il avait changé d'avis sur ce point.

Le seul reproche que l'on ait pu, à mon sens, adresser au principe de la déclaration préalable des marques anciennes, dans la loi allemande, c'est la rapidité, la brusquerie, pourrait-on dire, avec laquelle il a été appliqué à ces marques vivant sous le régime de l'usage antérieur.

Si son application *ipso facto* n'avait été prescrite que pour les marques nouvelles ; si pour les marques anciennes, tout en suspendant l'effet de toute action judiciaire éventuelle, on eût réservé, outre de longs délais d'opposition, comme on le fait en Angleterre où ce délai n'est pas moindre de cinq ans, la faculté d'examiner les droits antérieurs, les critiques qui s'élevèrent alors eussent cessé d'avoir leur raison d'être.

Malheureusement, bien que la loi eût posé le principe de la simple déclaration, sanctionné ultérieurement par la jurisprudence, le juge préposé à l'enregistrement se faisant, sur son mandat, une illusion qui est dans la nature humaine, s'est cru investi du droit d'examen préalable qu'il a exercé rigoureusement, ce qui était d'autant plus regrettable que l'on était en présence d'une date fatale, 1er octobre 1875, passé laquelle on perdait tout droit exclusif.

Un autre inconvénient, résultant de l'application ainsi faite du principe de la *déclaration préalable*, est celui qui provient du défaut d'extension donné à ce que l'on entend par *marque* proprement dite.

En effet la protection légale n'est accordée qu'aux *marques figuratives ;* au *nom* (avec ou sans prénoms) ; à la *raison commerciale.*

Sont exclues de cette protection (art. 3, al. 1), outre les marques renfermant des armes publiques allemandes, ou excitant au scandale, les longues écritures ou étiquettes ; les marques dites « libres » par lesquelles sont simplement désignées la qualité, la provenance des produits ; les dénominations de fantaisie ou celles usitées dans le commerce, ou les marques purement décoratives ; enfin celles formées de chiffres, de mots ou de lettres, à moins

qu'il ne s'agisse de caractères particuliers et en quelque sorte figuratifs, comme les caractères coptes, arméniens, etc.

La contrefaçon n'existe pas non plus dans le cas où la marque n'est pas apposée sur le produit mis en vente ; aussi les lithographes, imprimeurs, dessinateurs, peuvent-ils impunément exposer les marques d'autrui excitant ainsi les tiers à la contrefaçon. Elle n'existe pas davantage dans le cas des produits agricoles lesquels ne sont pas réputés susceptibles de recevoir la marque.

Un mode particulier de pliage ou d'ensachage n'est pas, non plus, protégé.

Il résulte de ce défaut d'extension donné à la marque que, malgré le concours de certains articles du Code de commerce, le juge allemand se trouve souvent désarmé contre la concurrence déloyale et même contre l'usurpation légale d'une marque libre qui, considérée comme telle et n'ayant pas été déclarée par le possesseur, a été enregistrée comme marque par un tiers, à son profit.

Ces diverses exceptions ont introduit dans la loi des marques bien des incertitudes qu'une jurisprudence de plus de quinze ans, encore qu'elle se soit montrée des plus éclairées, n'a pu encore faire disparaître.

Il est à noter que ces exclusions, sauf pour ce qui est de l'excitation au scandale ou de l'usage des armes publiques allemandes, ne concernent pas les étrangers, dont les marques sont généralement reçues telles qu'elles ont été déclarées dans leurs pays respectifs, étant entendu, toutefois, que ces pays ont des conventions avec l'Allemagne ou accordent aux sujets allemands la protection nationale.

L'enregistrement d'une marque donne lieu à une taxe de 62,50 *f*, plus les frais de publication. Ces frais, joints à l'obligation, pour le commerçant, d'être inscrit au Registre du Commerce, font, du dépôt de la marque, un luxe que ne peuvent guère se permettre les petits commerçants et fabricants.

La déclaration de la marque doit être complète ; la durée normale de la protection est de dix ans, à compter du jour de l'enregistrement ; elle peut être renouvelée par périodes successives de dix ans, sans frais.

Tout changement survenu dans la situation du possesseur de la marque doit être déclaré.

Une marque peut s'éteindre par *renonciation volontaire* ou bien *rayée d'office*, parce que la raison sociale a été rayée du Registre

du Commerce, ou parce que ladite raison a changé sans que l'on ait déclaré vouloir conserver la marque, ou parce qu'il s'est écoulé dix ans soit depuis la date de l'enregistrement, soit depuis celle de toute déclaration faite pour conserver la marque, en cas de modification de la raison sociale, ou, enfin, parce qu'elle aurait été enregistrée indûment à l'égard des prescriptions de la loi.

Une marque collective, malgré son enregistrement par un déclarant, ne peut être confisquée au profit dudit déclarant ; la collectivité, ou un intéressé, peut défendre à ce déclarant d'en faire usage et même d'en maintenir l'enregistrement.

Je n'insisterai pas sur les divers articles de cette loi des marques lesquels se rapportent notamment à la procédure et à la repression. Le texte en est généralement connu, ayant été publié largement par les revues spéciales.

Je dirai seulement que la jurisprudence allemande, bien supérieure au législateur, s'est efforcée, d'une année à l'autre, d'améliorer l'application de la loi, en profitant de son obscurité parfois voulue ; souvent la contrefaçon a été rigoureusement réprimée. Il importe seulement que le demandeur fasse la preuve que le contrefacteur a agi *sciemment*, sinon il ne lui est pas alloué des dommages-intérêts.

Les noms de lieux ne sont pas non plus garantis, et un acheteur n'a de recours contre un vendeur qui l'a trompé sur la qualité ou la provenance de la chose vendue, qu'en vertu d'un article du Code de commerce, et dans le cas où il y a expédition de place à place. Le destinataire a alors six mois pour intenter une action à l'expéditeur.

L'esprit de la loi du 20 novembre 1874 est tel que l'article 1382 du Code civil relatif à la violation d'un droit en cas de concurrence déloyale, s'en trouve annihilé. Il n'y a que le cas où une firme plus ou moins apparente a été apposée sur une marque de fabrique qui constitue une question d'espèce permettant au juge d'y appliquer les règles de la concurrence déloyale.

La couleur a été considérée tour à tour comme constituant et ne constituant pas un signe distinctif.

Loi du 11 janvier 1876.

Dessins. — Modèles d'ornementation. — Ecrits.

La loi du 11 janvier 1876, à la suite de laquelle a été rattachée celle du 11 juin 1870, et qui a été complétée par un règlement du

20 février 1876, est relative au droit d'auteur en matière de *dessins*, de *modèles*, et d'*écrits*.

Elle fait suite elle-même à une autre loi du 9 janvier 1876, se rapportant spécialement aux *œuvres plastiques*. J'y insisterai peu.

L'article 1er de cette loi dit :

« Le droit de reproduire, en totalité ou en partie, un dessin ou » modèle industriel, appartient exclusivement à l'AUTEUR. »

» On ne doit considérer comme *dessins* ou *modèles*, dans le sens » de la présente loi, que les productions nouvelles ou originales. »

Par le mot « auteur » il faut entendre le légitime déclarant, lequel peut être le chef d'un établissement occupant plusieurs artistes, et qui n'est pas tenu de faire la preuve d'une production personnelle.

Le *dessin* est assimilé au *modèle* ; l'un et l'autre doivent être *nouveaux* et *originaux*, en même temps qu'*industriels* et tels à *satisfaire le goût*.

Les ouvrages appartenant à l'art plastique reproductif, peuvent être protégés par cette loi ; mais non pas ceux d'architecture, par exemple, ayant un but *technique*.

Les produits de la gravure en caractères sont réputés modèles : un monogramme, une marque de fabrique, peuvent aussi constituer un dessin ou modèle au sens de cette loi.

Il résulte de l'article 1er que la contrefaçon peut être totale ou partielle ; cependant la loi distingue entre les *parties* et les *motifs* d'un dessin, ceux-ci pouvant être, considérés à l'état isolé, repris et conjugués de manière à produire un autre modèle nouveau et original.

La copie unique, faite pour un usage personnel, et sans aucune intention de la répandre, est permise, à moins qu'elle soit la copie d'une autre copie. Il y a lieu de noter que la propagation *ultérieure* d'une telle copie faite *sans intention* de la répandre, n'est pas considérée comme punissable.

La durée d'un dépôt de modèle varie de un an à trois ans, avec faculté de prolongation à dix et quinze ans. Pour avoir la garantie de la loi, il faut faire la déclaration du modèle que l'on désire protéger, et un exemplaire ou une représentation conforme à cette déclaration dudit modèle dolt être présenté et enregistré avant qu'aucune reproduction en ait été répandue.

La propagation du modèle lui-même, n'est pas considérée comme étant préjudiciable aux droits de l'auteur.

La déclaration et le dépôt doivent se faire au lieu de l'établis-

sement principal, ou devant l'autorité judiciaire du lieu chargée de tenir le registre commercial : pour l'étranger, au Tribunal de Commerce de Leipsick. Le dépôt peut être fait sous cachets, ou à découvert, même par paquets de cinquante modèles ou dessins, ne dépassant pas toutefois le poids de 10 *kg.* L'enregistrement est fait *sans examen préalable* des droits du demandeur de l'exactitude des faits qu'il déclare. Un tel examen n'est fait qu'en cas de procès. Les contestations relatives à la contrefaçon sont soumises, d'après l'article 11 de la loi du 11 juin 1870 à l'appréciation de Sociétés d'experts locales, composées d'artistes, d'industriels, de personnes familières avec les questions de dessins et de modèles.

Les objets reconnus contrefaits ne sont pas détruits ; au choix du propriétaire ils peuvent être dépouillés des parties contrefaites ou gardés sous séquestre jusqu'à l'expiration de la protection.

L'article 16 assimile aux Allemands les étrangers ayant leur établissement industriel en Allemagne, et leur assure la même protection contre la fabrication illicite faite en Allemagne.

« Pour le reste, ajoute cet article, la protection des auteurs est réglée par les traités existants. »

Ce dernier alinéa laisse subsister quelques doutes au sujet des objets fabriqués à l'étranger et introduits en Allemagne. Il semble que la contrefaçon faite à l'étranger est ou non punissable suivant qu'elle est faite par un Allemand ou par un étranger ; elle ne pourrait être punie, dans ce dernier cas, que dans le propre pays étranger, et conformément aux lois de ce pays.

L'Allemagne et la France ont un traité de réciprocité, pour la protection de dessins et modèles.

Me voici parvenu aussi rapidement que possible, à la partie la plus importante de ma tâche, à l'examen des deux nouvelles lois allemandes qui garantissent la propriété industrielle technique :

La loi sur les modèles d'utilité ;

La loi sur les inventions proprement dites.

Loi sur les modèles d'utilité, 1er juin 1891

Entrée en vigueur le 1er octobre 1891.

La loi sur les modèles d'utilité est nouvelle, unique en son genre, malgré qu'une loi, ayant une désignation analogue, et transformée en 1883, existât en Angleterre dès 1842. Quel sera le sort de cette loi, en Allemagne, et dans les autres pays ; c'est ce

que l'avenir peut seul décider d'après la pratique qui en sera faite, et les résultats qu'elle produira.

C'est en grande partie à un Ingénieur distingué M. Carl Pieper, le seul des Ingénieurs-Conseils allemands qui ait pris part au Congrès de la propriété industrielle de Paris en 1890, qu'est due cette loi dont il n'a pu faire adopter les principes à la majorité des membres de cedit Congrès, qui a trouvé, étant donnée l'existence de lois sur les modèles et dessins industriels, qu'il serait bien difficile d'établir une ligne de démarcation assez nette entre un modèle d'utilité et un tout autre organe ou moyen devant être protégé différemment par une loi spéciale.

Ayant eu l'honneur de prendre part aux Congrès de la propriété industrielle de Paris, en 1878 et en 1889, il m'est possible de montrer l'évolution qui s'est produite dans l'esprit de M. Pieper, et d'expliquer, la genèse de la loi sur les modèles d'utilité.

Au Congrès de 1878, M. Pieper à la tête de beaucoup de membres étrangers, notamment allemands et autrichiens, s'était fait le champion ardent du principe de l'examen préalable sur lequel était fondée la loi allemande du 1er juillet 1877. Son ardeur était alors si grande qu'elle faillit compromettre l'œuvre même du Congrès, dont la majorité, formée notamment par les membres français, se refusait absolument à admettre un tel principe. Cette majorité, cependant, dans un esprit de conciliation, qu'expliquait la hauteur du but à atteindre, consentit à admettre l'examen préalable, mais à titre purement officieux. C'est de cette concession que sortit et prit corps la pensée généreuse de cette Convention internationale pour la protection de la propriété industriellle à laquelle la France n'a cessé de donner ses soins les plus atentifs en cherchant à y faire adopter, en même temps que les idées libérales qui font naître le sentiment des responsabilités, les principes de la plus scrupuleuse loyauté en matière de commerce et d'industrie.

En venant au Congrès de 1889, M. Pieper trouva « son chemin de Damas » ; et franchement, sans fausse honte, tout à sa louange, y déclarait être devenu, après expérience faite, l'adversaire de l'examen préalable, obligatoire, tel qu'il se pratiquait en Allemagne. Le Congrès fut de son avis ; et même, réformant le jugement émis en 1878, il repoussa cette fois jusqu'au principe de l'examen préalable officieux.

C'est le même M. Carl Pieper qui présida avec une grande autorité, le 1er décembre 1890, ce Congrès de Berlin, dont j'ai déjà

parlé, où s'étaient donné rendez-vous de nombreux et éminents spécialistes, et d'où le principe de l'examen préalable obligatoire sortit victorieux..... à une voix de majorité !

Un tel résultat prouve le chemin qu'avaient fait en Allemagne même les adversaires de l'examen préalable. Chacun, d'ailleurs, le gouvernement lui-même, en sentait, en comprenait les graves inconvénients ; mais pendant que d'aucuns trouvaient que le mieux était d'y renoncer ; d'autres trouvaient qu'il fallait le perfectionner. C'est à ce parti que l'on s'est arrêté.

Pour réaliser ce perfectionnement : d'une part on a augmenté considérablement le personnel du Patentamt ; d'autre part on a exclu de la brevetabilité, avec examen préalable, les inventions relatives aux modèles d'utilité, et même celles dont on pourrait quelque peu douter qu'elles fussent ou non relatives à des modèles d'utilité plutôt qu'à des inventions à examiner.

De plus on a adopté, pour les inventions de modèles d'utilité, la déclaration pure et simple excluant tout examen préalable.

On a ainsi espéré, avec de grandes apparences de raisons, que la tâche du Patentanit serait considérablement allégée, en ce qui concerne les inventions à examiner, lesquelles, étant en petit nombre, pourraient être examinées très atentivement, c'est-à-dire, très rigoureusement.

Ces considérations générales étant exposés, je n'aurais garde de vous donner connaissance de tous les articles de ces deux lois, ni non plus de ceux du règlement de leur application, publié le 11 juillet 1891 ; je me bornerai à appeler votre attention sur quelques-unes de leurs particularités essentielles.

L'article 1er de loi du 1er juin 1891 « protège, comme modèles » d'utilité les modèles d'instruments de travail, ou d'objets destinés à un usage pratique, ou de leurs parties, en tant que, par » une nouvelle configuration, une nouvelle disposition ou un » nouveau mécanisme, ils doivent servir à un travail ou à un » usage pratique. »

La divulgation antérieure au dépôt est destructive de la nouveauté.

On voit de suite, par ce qui précède, que le modèle dont il est ici question n'est plus celui que protège la loi du 11 janvier 1876 ; qu'il s'agit d'un moyen, pouvant être un mécanisme, produisant un résultat industriel, ce qui caractérise l'invention proprement dite.

La difficulté de distinguer le modèle d'utilité de l'invention brevetable se présente dès le début de la loi, et la définition, qui est donnée du modèle d'utilité, ne supprime pas cette difficulté.

Les modèles doivent être déclarés, clairement désignés et enregistrés, au Bureau des brevets, avec une reproduction ou image à l'appui. La taxe est de 15 marks pour une première durée de trois ans ; 60 marks pour une deuxième et dernière durée de trois autres années.

Aussi, la durée maximum pour le modèle d'utilité est de six ans, durée qu'atteignent peu de patentes allemandes dont la taxe va en croissant de 62,50 *f* tous les ans et atteint 350 *f* après six ans.

Il n'y a pas d'examen préalable.

Un modèle déposé, ou une invention brevetée ultérieurement peut être ou une reproduction exacte ou un perfectionnement d'un premier modèle déposé ou d'une première invention brevetée.

La situation en ce cas est réglée, en cas de procès, par les Tribunaux.

Les droits du possesseur antérieur sont respectés et inféodés à son établissement.

Un intéressé peut demander la radiation d'un enregistrement indû.

En cas de contrefaçon il peut être accordé au demandeur une indemnité. La prescription est de trois ans. Le contrefacteur peut être condamné à une amende maximum de 5 000 marks ou à un an de peine ou à une amende réparatrice exclusive de 10 000 marks.

En somme, c'est un fait à noter, on voit que les principes appliqués sont, à très peu près, ceux-là qui résultent de la loi française sur les brevets d'invention, principes appliqués en Allemagne seulement à des brevets réputés inférieurs ou de deuxième catégorie, et supposés ne devoir être maintenus en vigueur que pendant peu d'années. L'Allemagne a ainsi hiérarchisé les inventions.

Loi des Patentes du 7 avril 1891

Entrée en vigueur le 1er octobre 1891.

Dans la loi allemande pour les patentes, les principes sont notablement différents :

Sont brevetables, les *inventions nouvelles* susceptibles d'une *utilisation industrielle ;*

Ne sont pas brevetables, les inventions dont l'utilisation serait

contraire aux lois et aux bonnes mœurs; et celles relatives — aux *aliments — objets de consommation — médicaments — matières* — obtenues par des moyens chimiques, en tant que ces inventions ne portent pas sur un procédé déterminé pour la protection desdits objets.

La divulgation, faite depuis moins d'un siècle, ou l'usage public antérieur et suffisant, dans le pays, sont destructifs de la nouveauté.

Il n'est fait exception, pendant trois mois, à dater du jour de la publication, qu'à l'égard de la publicité officielle faite par un État accordant la réciprocité.

La France n'accordant cette réciprocité qu'aux pays faisant partie de la Convention internationale, conformément à l'article 4, les inventeurs français ne pourront pas profiter de cette exception, tant que l'Allemagne ne sera pas rentrée dans cette Convention.

A droit à la délivrance du brevet le premier déclarant légitime. Un tiers perfectionneur peut obtenir ultérieurement un brevet dépendant, *mais limité en conséquence.*

Le possesseur antérieur ne peut être molesté; il peut même s'opposer à la délivrance du brevet demandé par le tiers qui lui aurait illicitement emprunté l'invention; et s'il demande lui-même un brevet, dans le mois qui suit la décision sanctionnant son opposition, ce brevet pourra lui être délivré avec une date fixée au jour qui précède la publication de la déclaration faite anterieurement.

Lorsqu'un brevet est délivré pour un procédé, son effet s'étend aux produits obtenus directement par ce procédé.

Cet article a une très notable importance tant au point de vue de la doctrine qu'à celui des intérêts de l'industrie chimique qui, prise à ses propres exceptions, se trouvait assez désarmée par l'ancienne loi, laquelle laissait fort indécis le point de savoir si le produit obtenu par un procédé breveté pouvait être garanti.

C'est le cas de rappeler ici que c'est en se créant la plupart du temps d'inextricables difficultés que l'on crée des exceptions, lesquelles se retournent souvent contre ceux qui les ont édictées.

L'exclusion des produits chimiques, de la brevetabilité, exclusion peu justifiée et peu justifiable, avait été prononcée dans la loi de 1877, à l'instigation des propres fabricants de produits chimiques qui ont obtenu le même succès en Suisse et qui avaient osé soutenir que les progrès de l'industrie chimique, plus

grands en Allemagne et en Suisse qu'en d'autres pays, étaient dus à ce que dans ces deux pays ces produits n'étaient pas garantis — et étaient affranchis des taxes de brevets qui grevaient les produits similaires étrangers où ces produits avaient été découverts. On citait à l'appui le fait relatif à l'aniline, à l'alizarine.

Il y a encore quelques fabricants, rares de plus en plus, il faut l'avouer — qui soutiennent encore cette doctrine, et qui en font leur cheval de bataille pour combattre le système des brevets, tenant les inventeurs pour des ennemis et érigeant en quelque sorte la théorie de la confiscation de leurs inventions pour ne pas employer un mot plus fort.

Les fabricants allemands, dans la crainte d'être envahis par des produits obtenus à l'étranger à l'aide de moyens ou procédés brevetés en Allemagne, mais inutilement, à leur propre profit, se sont empressés de faire admettre dans la nouvelle loi en le précisant, le principe, consacré en France par la jurisprudence et consacré tout récemment encore par la Cour d'appel de Paris, que s'il résulte pour le juge, que le produit a été fabriqué d'après le procédé breveté, le produit est contrefait.

Bien plus, s'il s'agit d'un produit chimique nouveau, il est réputé, d'après la loi allemande, être fabriqué par le procédé breveté, et la preuve du contraire incombe au défendeur.

Un brevet est sans effet quand il se rapporte à l'armement; en ce cas, une indemnité est accordée à l'inventeur. Il est également sans effet sur les machines et autres moyens de transport, séjournant momentanément dans le pays.

La durée du brevet est de quinze ans. Un brevet de perfectionnement à l'objet du brevet principal peut être accordé à un tiers, mais en le limitant et le plaçant sous la dépendance du premier. Un tel perfectionnement peut être garanti au titulaire du premier brevet, au moyen d'un brevet additionnel, ne donnant lieu qu'à une taxe unique de 30 marks et ne prenant fin qu'avec le brevet principal, même quand celui-ci ayant été annulé, le brevet additionnel prend sa place pour le paiement des annuités ultérieures.

Le système de taxes de l'ancienne loi a été conservé — avec cette mention que le Conseil fédéral pourra les réduire. Il peut être accordé aux indigents, un sursis pour les payer, même l'exonération s'ils renoncent au brevet dès la fin de la troisième année.

Il est accordé pour payer les annuités un délai de douze se-

maines en deux phases de six semaines chacune, la deuxième phase donnant lieu au paiement d'une surtaxe de 10 marks.

Un brevet délivré peut être annulé en totalité ou en partie, s'il est prouvé qu'il a été délivré contrairement aux prescriptions de la loi.

Il peut être retiré si, dans les trois premières années de sa délivrance, le breveté a négligé d'exploiter dans une mesure convenable l'invention dans le pays, ou s'il a refusé à des tiers une licence exigée par l'intérêt public.

Le titre II de la loi, articles 13 à 19 inclus, est relatif à l'organisation du Bureau des brevets, comprenant, sous la direction d'un président, un certain nombre de membres juristes ou techniciens : les premiers durant la durée de leur fonction publique ou à vie ; les seconds à vie ou pour cinq ans. Ces membres forment trois genres de sections : celle des *Demandes*, celle des *Annulations*, celle des *Recours* ou *Appels*.

Ces sections fonctionnent dans des conditions particulières. Celles des demandes, dont les membres techniciens sont nommés à vie, ne peuvent travailler avec les deux autres et réciproquement. Des experts peuvent être appelés aux délibérations; et le Bureau est autorisé à fournir aux tribunaux des avis, mais seulement sur des cas où des experts ont déjà émis, dans une cause, des avis divergents. Un registre d'inscription, accessible au public, est tenu par le Bureau, lequel est chargé de publier les parties essentielles des inventions.

La procédure est réglée par le titre III, article 20 à 34 inclus.

L'ensemble de la demande doit comprendre une requête désignant l'objet à protéger, une description suivie de revendications, les dessins et autres représentations nécessaires. Il est soumis à l'examen préalable provisoire, ou préliminaire d'un membre de la section des demandes. L'examen porte à la fois sur la régularité des documents, sur la brevetabilité de l'invention. Après que l'intéressé a été averti que sa demande n'est pas régulière et qu'un délai déterminé s'est écoulé, la section examine le cas. Si l'intéressé n'a pas répondu, la demande est repoussée ; s'il a répondu, elle est examinée ; elle est repoussée, sans que le premier membre prenne part à la décision, si elle ne répond pas aux prescriptions des paragraphes 1, 2 et 3 alinéa 1. Si rien ne semble s'opposer à la délivrance du brevet, la demande est annoncée, décrite dans ses parties essentielles et mise à la disposition du public,

à moins que le demandeur n'ait demandé un sursis qui peut varier de trois à six mois.

Pendant le délai de deux mois qui suit la date de la publication, les oppositions peuvent être faites, et la taxe doit être payée. L'opposition peut être formulée par tout intéressé, en vertu des articles 1, 2, 3, sauf pour l'article 3, alinéa 2, où elle n'appartient qu'à la partie lésée.

Ne prend pas part à la décision adoptée par le Bureau, au sujet d'une opposition (où les intéressés, des témoins, des experts peuvent être entendus), le membre qui avait exprimé une opinion préliminaire. Un recours donnant lieu à une taxe de 20 marks est ouvert dans le délai d'un mois, à partir de la signification, et il est fourni aux intéressés l'occasion de s'expliquer de la même manière que pour les rejets.

Si la demande est acceptée, la délivrance de la patente est publiée, comme le seraient le retrait ou le refus de cette demande.

La nullité d'un brevet ne peut plus être demandée, d'après les prescriptions des articles 1 et 2, si cinq années se sont écoulées depuis la date de la publication de sa délivrance. Pour les brevets acquis avant le 1er octobre 1891, ce délai est de trois ans (chap. [1]).

Les tribunaux sont tenus de prêter leur concours au Bureau des brevets pour punir les témoins ou experts qui se refuseraient à comparaître où à prêter serment.

Les décisions définitives du Bureau peuvent être frappées d'appel devant le tribunal de l'Empire.

Le titre IV, article 35 à 40 inclus, règle la question des peines et de l'indemnité, de la même manière que pour les modèles d'utilité, à cette différence près que la désignation mensongère qu'un modèle est déposé n'est pas punie, tandis que celle qui a pour objet de faire croire qu'un brevet a été obtenu pour l'objet désigné, peut être puni d'une amende pouvant s'élever jusqu'à 1 000 marks.

Les quelques données statistiques qui suivent montreront les causes qui ont provoqué, en Allemagne même, un courant d'opinion contre l'examen préalable.

En 1878 ont été présentées et examinées 6 000 demandes environ dont 4 800 ont été publiées et 4 200 accordées.

En 1889 ont été présentées et examinées 11 650 demandes dont 4 900 ont été publiées, et 4 400 accordées.

Dans les douze premières années de l'application de la loi, sur

50 000 brevets accordés, 25 000 ont été abandonnés au bout de deux ans.

Le personnel a passé de 40 à 170 dans la même période.

Ces chiffres, sans parler de ceux relatifs aux contestations et réclamations, montrent que les difficultés étaient devenues inextricables : ils se passent de commentaires, surtout si l'on remarque que la moitié des patentes si laborieusement examinées, si difficilement accordées, étaient abandonnées par leurs propres auteurs, dès la deuxième année.

Tel est, Messieurs, bien trop rapidement esquissé, cet ensemble de lois et règlements qui régissent actuellement la propriété industrielle en Allemagne.

Si, habitués à des principes de droit plus anciens, mieux établis par une longue jurisprudence et une unité nationale plus ancienne et plus intangible, nous n'y trouvons pas toutes les règles de droit commun, toutes celles de la plus scrupuleuse loyauté, appliquées aux transactions commerciales; par contre, en tenant compte de l'état antérieur encore peu éloigné de nous, des difficultés résultant de législations disparates des divers États allemands, de la nécessité d'adopter des principes et des méthodes uniformes, de la centralisation qui en devait être la conséquence, on ne peut s'empêcher de trouver que cet ensemble réalise une très grande amélioration qu'augmentent encore :

D'une part : la décision prise de respecter les conventions passées naguère entre les divers États allemands et d'autres États étrangers;

D'autre part : les efforts d'une jurisprudence que l'on trouve toujours soucieuse de se rapprocher, dans les limites indécises que lui assigne la loi, des vrais principes de morale, d'équité et de justice.

Sans doute, si après avoir examiné l'état de choses actuel en Allemagne, nous le comparions à ce qui existe en France, en ce qui concerne la propriété industrielle, nous trouverions plus d'un contraste

En regard de l'ancienneté de nos lois et règlements, de la sûreté, de la stabilité plus grandes de notre monument juridique, nous ne pourrions éviter de considérer la nécessité, pour nous, de mettre au point, au niveau des besoins du moment, ces lois et règlements.

Les Congrès de la propriété industrielle de 1878 et de 1889 ont

déjà contribué à élucider bien des points relatifs au droit industriel.

En 1888, le ministre du Commerce et de l'Industrie provoqua des réponses à un questionnaire, de la part des Chambres syndicales, et d'autres associations, au sujet de la réforme de la loi du 5 juillet 1844.

Le syndicat des Ingénieurs-Conseils, en matière de propriété industrielle, dont font partie plusieurs de nos collègues, invité à son tour à exprimer son avis, soumit un projet de reforme de la loi considérée, projet qu'il se propose de nouveau de recommander aux Pouvoirs publics, maintenant que la longue et importante discussion des tarifs douaniers est terminée.

Quoi qu'en aient dit certains économistes, la propriété industrielle ne saurait diviser en deux camps opposés les producteurs et les consommateurs.

Elle ne peut que les unir.

Qu'un esprit ingénieux, un Ingénieur, apporte un perfectionnement utile à une machine, à un produit, à une industrie languissante, aussitôt la barrière élevée par le tarif à l'exportation s'abaisse, la prospérité s'active ou renaît.

La propriété industrielle a un lien trop étroit avec les grandes questions de salaires, de tarifs, qui se sont agitées partout, et ici même, tout récemment; elles s'agitent encore assez autour de nous, pour mériter l'attention et l'intérêt des fabricants, des commerçants, et aussi celle des Ingénieurs qui sont leurs auxiliaires les plus utiles.

VOYAGE EN HOLLANDE

COMPTE RENDU ET NOTES TECHNIQUES

Par M. E. LIPPMANN

(Suite et fin.) (1)

IV

De La Haye au canal de la Mer du Nord. — Le mercredi 2 septembre, à 8 heures, notre train spécial nous emmenait dans la direction du Nord, escortés encore par plus de cent de nos collègues de l'Institut Royal. A peine sortis de la gare du chemin de fer hollandais, nous avons traversé le Haagsche Vliet, canal qui joint la ville de Delft à La Haye, et sur lequel nous avons vu la construction d'un nouveau pont tournant; quelques minutes plus loin, après la petite station de Woorschoten, nous apercevions de grandes prairies parsemées de nombreux poteaux portant des lampes électriques qui éveillèrent notre curiosité : nous passions devant une plaine submersible qui se transforme en hiver en une immense nappe de glace, sur laquelle Hollandais et Hollandaises viennent se livrer avec ardeur et avec art, on le sait, à l'agréable exercice du patin.

Le chemin de fer franchit ensuite le vieux Rhin, dernier débris morne, alangui de ce large et tumultueux fleuve que le pangermanisme appelle avec orgueil le Rhin allemand, et qui, définitivement épuisé par les deux dernières saignées du Waal et du Leck, va mourir à quelques pas de là d'une façon tout à fait piteuse : car ce n'est pas par une vaste embouchure ou par un estuaire imposant qu'il va se perdre à la mer, il aboutit à Katwig, à une écluse qu'on ouvre ou qu'on ferme à marée basse ou

(1) Voir Bulletin de décembre 1891, page 648.

à marée haute. Du Pays, dans son *Itinéraire historique et artistique de la Hollande*, dit à ce sujet : « Pour donner un dernier trait à cette obscure et misérable terminaison de son cours, le vieux Rhin, le seul bras retenant encore son nom, se perdait honteusement au commencement du siècle dans les sables des dunes, amoncelées à ce que l'on croit par une violente tempête, en l'année 839. Une partie de l'eau parvenait à s'écouler jusqu'à la mer, mais l'autre s'épanchait en nappes stagnantes et formait des marais pestilentiels. Un ingénieur hollandais publia en 1803 un rapport sur la possibilité et l'utilité d'ouvrir un canal à Katwig, par lequel les eaux du Rhin pourraient se décharger à la mer. Les digues qui furent alors élevées à l'entrée du canal forment, contre la mer, une sorte de forteresse cyclopéenne du caractère le plus imposant. Elles sont assises sur des pilotis enfoncés dans un sable mouvant et solidement revêtues de maçonnerie. Un formidable et triple système d'écluses s'échelonne dans le canal pour le défendre contre les envahissement de la mer. Les premières écluses en amont, ont deux couples de portes, celles qui viennent ensuite en ont quatre ; la plus rapprochée de la mer en a six. Ces écluses sont manœuvrées par un mécanisme puissant. Les jours de grande tempête on juge prudent de faire des concessions à la mer : les portes les plus rapprochées de l'embouchure du fleuve, livrent passage aux vagues qui courent furieusement jusqu'à la seconde écluse et s'y brisent. Lorsque le vent souffle du N.-O., la marée monte près de Katwig à 3,40 *m*, hauteur supérieure au niveau des eaux du canal. Pendant la haute marée on tient les écluses fermées, à la marée basse on les tient ouvertes pendant cinq à six heures, et les eaux accumulées chassent devant elles et entraînent les sables que la mer a apportés et déposés en se retirant. »

Je ne me serais pas laissé aller à cette digression, surtout que nous n'avons pas eu le temps de visiter Katwig, si, en plus de la grande renommée de ces travaux qui naguère encore étaient considérés comme un des triomphes de l'art, je n'avais trouvé particulièrement intéressant de dire qu'ils avaient été terminés en 1807 sous le règne de Louis Bonaparte et que l'ingénieur qui les avait conçus et dirigés était Frédéric-Willem Conrad (1), père du fondateur de l'Institut royal des Ingénieurs Néerlandais, aïeul

(1) **Conrad** (F.-W.), ingénieur, né a Delft, en 1769, mort en 1808, fut successivement ingénieur de la province de Hollande, inspecteur général des digues et polders, inspecteur général du Waterstaat. Son mausolée se trouve dans la grande église de Harlem, décoré d'un bas-relief représentant Neptune sur son char.

de l'illustre président actuel de l'Institut, qui nous a fait l'insigne honneur de se consacrer entièrement à nous, pour nous diriger lui-même, pendant nos trois journées de course à travers la Hollande.

Nous aurions eu également grand plaisir, si le temps nous l'avait permis, à consacrer quelques heures à la visite de *Leyde* que nous laissions à droite, et qui est une des villes de la Hollande qui a la plus belle histoire. Elle passe d'abord pour être la plus ancienne des cités des Pays-Bas ; elle s'est illustrée par le siège héroïque de cinq mois qu'elle soutint en 1574 contre l'Espagne, et pendant lequel elle endura stoïquement les maux et les misères que nous avons nous aussi connus en 1871; elle finit par en sortir victorieusement, grâce à la rupture des digues et à une forte marée qui produisirent l'inondation de toute la plaine en forçant l'ennemi à la retraite. Leyde avait des fabriques de draps et de lainages qui étaient célèbres, mais qui furent détruites en 1807 par l'explosion d'un bateau de poudre qui ruina les principaux quartiers et établissements de la ville; parmi ces derniers on compte la maison des Elzéviers qui avaient fondé là leur première imprimerie, de laquelle sont sortis ces admirables chefs-d'œuvre de typographie si recherchés de nos jours. A la suite de ce désastre les imprimeries elzéviriennes se transportèrent à Amsterdam.

Je n'ai pas besoin de vous dire que Leyde doit encore sa célébrité à l'université dont elle fut dotée par Guillaume d'Orange comme indemnité des tortures du siège, et qui devint fameuse, entre toutes, par le grand nombre d'illustres savants qui en sortirent. Rappelons encore que c'est là que le physicien Musschenbroek inventa en 1756 la *bouteille de Leyde*, et que Rembrandt, né dans un moulin près de la ville, y fit ses premières études en peinture. — Enfin, Leyde est, paraît-il, une des villes du monde où le système des égouts est le mieux combiné pour l'assainissement de la cité et la fertilisation des campagnes (1). Ce système n'est autre que la division du vieux Rhin en une multitude de canaux, qui ne nécessitent pas moins de cent quarante-cinq beaux ponts de pierre pour la circulation dans les rues, et dont l'eau est soumise au jeu des écluses de Katwig, à marée haute et à marée basse. C'est l'utilisation du fleuve à l'entretien de la propreté de la ville, qui fait dire à Havard que l'orgueilleux Rhin allemand « finit dans la domesticité ».

En quelques instants nous avons franchi la distance qui sépare

(1) E. Reclus.

Leyde de Harlem ; quand on approche de cette ville, le paysage change complètement : ce ne sont plus ces immenses prairies qui s'étendent à perte de vue, ce ne sont plus ces nappes de verdure rayées çà et là par les reflets argentés des lignes de canaux qui les divisent ; de tous côtés de verts bosquets coupent la plaine, encadrant de gracieux cottages. Dans le lointain, Harlem, avec ses tours, ses clochers dominés par l'énorme carapace de son église surmontée de son campanile central, rappelle les tableaux de Ruysdaël, qui ont si souvent retracé le profil singulier de cette ville à laquelle on arrive, après avoir passé au milieu de riants jardins et de beaux parcs, par la petite station du nom poétique et expressif de Vogelenzang (chant des oiseaux). Plus loin, après Harlem, nous avons suivi cette forêt de hêtres, que j'ai citée comme pendant du Bois de La Haye, et dans laquelle on traverse tout de suite une autre station qui porte aussi le nom significatif de Blœmendaal (vallée des fleurs). A droite et à gauche du chemin de fer nous voyions, en effet, une succession de grands rectangles dont le ton et l'aspect ne peuvent que les faire comparer à d'immenses et prosaïques thibaudes attendant les odorants tapis aux couleurs vives et variées qui les recouvriront au printemps. Car c'est là que se trouvent les jardins qui font la renommée de Harlem ; c'est là qu'aux mois de mai et juin les trains roulent au milieu de réjouissants parterres de jacinthes, de tulipes, d'œillets et de mille autres fleurs à la culture desquelles se prête si favorablement la nature spéciale du terrain.

Jadis, à Harlem, on ne s'occupait exclusivement que des tulipes : elles étaient l'objet d'un enthousiasme qui dégénéra en manie ; mais le temps n'est plus où on payait, à la Bourse de cette ville, un simple oignon d'une variété dite « le vice-roi », jusqu'à plus de 50000 *f*. Aujourd'hui, c'est le sol qui a pris une grande valeur ; on paie jusqu'à 12 et 15 000 *f* l'hectare des champs qu'accaparent des Compagnies anglaises, pour créer de grandes exploitations, non plus seulement de tulipes ou de jacinthes, comme autrefois, mais de toutes les variétés de fleurs qui s'exportent en France, en Angleterre, en Allemagne, en Russie, etc., et dont la nature change chaque année, suivant que telles couleurs ou telles essences sont adoptées par la mode.

Au loin, sur notre droite, on nous montra une grande tour de 50 *m* de hauteur : c'est le Château d'eau, point de départ de la distribution d'eau d'Amsterdam, qui est alimentée, à l'aide d'un aqueduc de 20 *km* de longueur, par la nappe d'infiltration des

dunes dans laquelle puisent en cet endroit de puissantes pompes à vapeur.

Les Dunes. — Nous avons laissé à droite la voie qui conduit à l'est à Amsterdam, pour continuer en droite ligne, vers le nord, par le chemin de fer du Helder ; à gauche, nous longions les dunes qui, dans cette région, atteignent des hauteurs permettant de les prendre pour de véritables collines.

Ces dunes du littoral de la Hollande septentrionale ne font pas que donner du pittoresque à cette contrée ; elles la menacent et la protègent tout à la fois. Elles la menacent, parce que, poussées par les vents d'ouest, elles tendent à cheminer lentement, mais d'un mouvement continu, vers et sur les campagnes de l'intérieur ; elles la protègent, en la défendant contre les irruptions de la mer, contre les désastres légendaires occasionnés par les marées exceptionnelles. Pour conjurer le danger, les Hollandais s'emploient à fixer les dunes extérieures par des semis de pins maritimes à l'aide desquels ils commencent à mettre en valeur ces terres ingrates : mais ils n'y arrivent pas sans lutte et sans sacrifices ; ainsi, pour empêcher les jeunes semis d'être étouffés par les sables, ils sont obligés de les défendre à l'aide de longues et coûteuses palissades en clayonnage. Il faut dire cependant que, dans maints endroits, grâce au climat du nord qui favorise le séjour prolongé de l'humidité dans le sable, celui-ci se recouvre d'une végétation naturelle abondante de tiges de gourbet, roseau des landes, de thym, etc., qui suffit pour fixer et conserver les dunes ; mais alors il faut lutter contre une cause étrange de leur destruction, il faut s'opposer aux ravages des lapins qui les minent en creusant sans cesse, dans ces masses peu résistantes, de profondes et innombrables galeries.

Quant aux lignes de dunes intérieures, depuis longtemps les agriculteurs, les industriels et les Ingénieurs les rasent, soit pour en mêler le sable aux terres en culture, soit pour combler des marais, pour remblayer les fondations des édifices, des écluses, pour lester des navires qui exportent le sable quand il est propre à la verrerie, etc., etc.

Au pied de ces dunes quand, nous traversions la petite station de Zandpoort, un de nos agréables compagnons nous a, par un mot, donné une idée de l'importance que prend un mouvement de terrain dans ces régions à horizon extrêmement étendu : c'est près d'ici, nous a-t-il dit, que se trouve notre « tour Eiffel donnée

par la nature » ; par là il désignait la Blinkert-duin qui atteint la hauteur insolite de 60 *m* au-dessus de la plaine, et du haut de laquelle on voit Harlem, Amsterdam et jusques et très loin au nord et au sud, toute la portion du pays comprise entre le Zuiderzée et la mer du Nord.

Au delà de Zandpoort, après avoir côtoyé pendant cinq à six minutes un petit bois de pins qui s'étend au pied des dunes, nous avons atteint, à la station de Velsen, le fameux nouveau canal d'Amsterdam à la mer du Nord : le chemin de fer du Helder le franchit sur un magnifique pont tournant à double volée que nous avons laissé devant nous pour prendre, en faisant un coude à angle droit, la petite voie de Velsen à Ymuiden.

Canal de la mer du Nord. — Amsterdam, comme vous le savez, est situé sur le golfe de l'Y qui lui sert de rade et qui débouche par le canal de Pampus dans cet autre grand golfe qu'on appelle le Zuiderzée : c'est par ce dernier que cette ancienne reine du commerce, la Venise du Nord, communique naturellement avec la mer, avec le monde entier.

Mais le Zuiderzée n'est pas assez profond pour que les navires calant plus de 4 *m* puissent s'y aventurer sans danger ; de plus une barre périlleuse, la barre du Pampus, s'était formée à l'entrée de l'Y et les navires qui avaient à gagner le port d'Amsterdam ne pouvaient franchir l'obstacle qu'en se faisant soutenir, à droite et à gauche, par des allèges ou « chameaux ». — Donc avec les pregrès de la grande navigation cette voie devenait impraticable ; c'est pourquoi le roi Guillaume Ier fit construire de 1819 à 1825 un grand canal, qui relia Amsterdam à la passe profonde du Helder sur la pointe septentrionale de la péninsule de Hollande, et qui fut considéré comme une des plus grandes entreprises du siècle.

Mais, *sic gloria transit*, ce grand canal de navigation, appelé Noord Holland, qui traverse obliquement la presqu'île, a le désavantage d'être fort long ; il n'a pas moins de 84 *km ;* son eau presque douce est souvent prise par les glaces pendant des semaines entières ; il oblige, de même que le Zuiderzée à aller doubler la pointe du Helder, ce qui donne lieu à un long parcours, à une longue perte de temps. — A un autre point de vue, son existence propre est même naturellement menacée, car sur une partie de son parcours, près de Petten, il a à craindre une invasion de la mer. En cet endroit, en effet, la chaine des dunes a été rompue

et l'on n'a pu arrêter l'érosion des rivages que par la construction d'épis saillants dont l'entretien est fort dispendieux.

Je ferai ici encore une courte digression pour signaler, à ce propos, le judicieux et utile emploi que font les Ingénieurs néerlandais des constructions en fascinages avec enrochement, pour les épis de bordage ou les épis saillants qu'ils établissent, sur bien des points, pour la défense des côtes des Pays-Bas. Car s'ils exécutent des travaux gigantesques pour conquérir leur sol sur la mer, ils sont bien forcés de lutter aussi pour empêcher cet ennemi redoutable de saper, de démolir les dunes extérieures, aussi bien que les digues artificielles qu'ils opposent à ses tentatives de retours offensifs. Ainsi rien que dans la localité que je viens de citer, depuis le commencement du XVII^e^ siècle jusqu'aux premières années du XIX^e^, le recul de la cote n'a pas été moindre de 1 750 *m*. — On comprend alors les dépenses considérables qui grèvent l'exploitation du canal de Noord-Holland, pour assurer la conservation des défenses de la brèche de Petten qui se développent le long des dunes sur plus d'une heure de marche.

A toutes ces causes d'amoindrissement du grand trafic de ce canal, il faut joindre surtout son manque de profondeur et de largeur : il ne mesure en largeur que 37,50 *m* à la ligne d'eau et 10 *m* au plafond. Sa profondeur primitive de 5 50 *m* n'a pu être portée ensuite qu'à 6 *m*.

Pour admettre les bâtiments que réclame de nos jours le grand trafic interocéanique, il n'y avait donc pas à hésiter à sacrifier ce canal de Noord-Holland, malgré la dépense de 38 millions de francs à laquelle il avait donné lieu, tant en frais de construction qu'en frais d'amélioration. Il fallait ouvrir une autre voie au commerce d'Amsterdam, et tout d'abord le chemin le plus court s'imposait au choix des Ingénieurs : c'est le mince pédoncule, appelé *Holland op zijn smalst* (l'Étroit de Hollande), qu'il s'agissait de percer pour mettre en communication le golfe de l'Y avec la mer du Nord, par un trajet qui n'est plus que de 26 *km*, au lieu des 150 *km* qu'on faisait pour doubler le Helder depuis l'embouchure du nouveau canal, et suivre la ligne sinueuse du Noord-Holland dont le parcours seul exigeait de dix-huit à vingt-quatre heures. — Par le Noordzée les navires arrivent en quatre heures à Amsterdam.

Le creusement de ce nouveau canal avait été proposé dès 1634 ; ce n'est qu'en 1858 seulement que le gouvernement en accorda la concession à une Compagnie anglo-néerlandaise qui ne se consti-

tua qu'en 1863. Les travaux commencèrent en 1865, et ce nouveau canal, qui prit le nom de *Noordzée Canaal* (canal de la mer du Nord), fut inauguré le 1er novembre 1876.

Deux parties seulement du canal ont été exécutées en tranchées : l'une, dans la petite presqu'île de Buitenhuizen, sur environ 800 *m*, l'autre, entre la mer et le Wijkermeer, sur 5 980 *m;* tout le reste, composé de terres basses dont il a fallu faire le dessèchement, comprend la partie occidentale du golfe de l'Y sur 12 500 *m*, et le fond de l'Y appelé le Wijkermeer sur 4 400 *m*.

On avait espéré que les frais de l'entreprise seraient, pour une forte part, payés par la vente des terres desséchées sur les bords du canal : les polders du Wijkermeer se sont, en effet, vendus jusqu'à 4 à 5 000 francs l'hectare, et près d'Amsterdam des terrains de construction ont rapporté un prix beaucoup plus considérable. Mais les frais d'établissement ont dépassé considérablement les prévisions, et la Compagnie ne pouvant satisfaire à ses obligations a dû rétrocéder le canal à l'État en décembre 1882, après l'avoir exploité seulement pendant quatre ans et deux mois.

Les dépenses, déduction faite des produits de l'exploitation pendant ce temps, se sont élevées à 118 millions de francs; il avait été vendu pour 29 millions et demi de terrains; la Compagnie concessionnaire avait donc dépensé 88 millions et demi. L'État a, depuis, dépensé en diverses améliorations, et antérieurement à la construction de la grande écluse nouvelle d'Ymuiden qui est en cours d'exécution, une somme d'environ un million. Le Noordzée Canaal a donc coûté 89 500 000 *f*. La contribution de l'État qui a pris à sa charge, à titre de subvention, une partie de la dépense et qui a remboursé une partie du capital s'élève en bloc à 56 millions. La ville d'Amsterdam y a aussi contribué pour 12 millions et demi, à titre de subvention. La Compagnie concessionnaire a donc perdu 20 millions de francs.

Barrage de Schellingwoode. — Pour dessécher les terres basses que le canal avait à traverser il a fallu séparer l'Y du Zuiderzée. On a alors exécuté le fameux barrage, dit de Schellingwoode, situé à l'est d'Amsterdam, dans la partie la plus étroite de l'Y oriental qui mesure encore 1 360 *m* de large. Ce barrage a été construit en commençant par revêtir tout le fond de l'emplacement qu'il devait occuper, et qui a été préalablement dragué pour le débarrasser de sa vase, par une immense plate-forme en fascinages. Aux deux extrémités de ce colossal tapis de fascines, on a

élevé deux digues parallèles à 40 *m* de distance l'une de l'autre, obtenues par la superposition de plates-formes immergées successivement, et dont la largeur décroissait jusqu'à se réduire à 3 *m* environ au niveau de A P (*Pl. 53, fig. 32*).

Entre ces deux digues on a fait un remplissage d'argile et sable terminé en haut sur 1 *m* environ d'épaisseur par une couche d'argile pure. Au niveau de 0,50 *m* au-dessus de A P, on a mis ce remplissage en talus inclinés à 3 1/2 pour 1, du côté du Zuiderzée, avec berme de 3 *m*; du côté du canal, les talus sont à 2 pour 1 avec berme de 5 *m* de largeur : les talus aboutissent à un couronnement de 4 *m* de large; ils ont été revêtus en fascinages avec enrochements.

Dans ce barrage ont été ménagés trois sas accolés et un chenal de décharge : l'axe du sas central est à 300 *m* de la rive Nord, il est fermé par une grande écluse, il a une longueur utile de 96 *m* et une largeur de 18,05 *m* au niveau de A P; les deux écluses latérales ont 72,80 *m* de longueur et 14,05 *m* de largeur; une quatrième écluse ferme le sas de décharge qui se trouve du côté de la rive du Sud et qui a 35,50 *m* de long et 10,05 *m* de large. Enfin, sur le côté Nord se trouvent trois pertuis de 4 *m* de largeur et d'une longueur de 40,50 *m*; au-dessus de ceux-ci est établi un vaste bâtiment qui renferme les pompes à vapeur mises en œuvre pour maintenir à un niveau constant l'eau du canal, et celle de tout le bassin qui s'étend à l'ouest de la digue devant la ville d'Amsterdam.

Les bajoyers de ces écluses sont construits en briques; ils ont 3,50 *m* de hauteur au-dessus de A P, les hautes mers de tempêtes s'étant élevées quelquefois jusqu'à plus de 2,50 *m* au-dessus de ce niveau.

Les trois écluses principales sont munies à leurs deux extrémités de portes de flot et de portes d'èbe; chacune d'elles est de plus séparée en deux compartiments par des portes de flot. L'écluse de chasse et les trois pertuis ont chacun trois paires de portes, deux de flot et une d'èbe. Les portes d'èbe ne s'élèvent que jusqu'au niveau A P, les portes de flot ont la hauteur des bajoyers. Ces dernières sont en fer pour les écluses proprement dites, les portes d'èbe et les portes de flot des pertuis sont en pin jaune créosoté. On voit qu'en somme tout ce système d'écluses qui prend une largeur de 122 *m* sur celle du barrage de Schellingwoode comprend 27 paires de portes dont 11 en fer et 16 en bois.

Les chambres d'écluses n'ont leur seuil ou busc qu'à 4,50 *m* sous A P : le faible tirant d'eau de 4 *m* que cela représente, et qui est bien inférieur à celui que nous verrons du côté de la mer du Nord, est très suffisant ici puisque ces écluses ne servent qu'aux bateaux de cabotage qui naviguent dans le Zuiderzée, à raison de 200 par jour en moyenne.

Ces écluses ont été fondées sur pilotis ; les pieux en chêne avaient 14,40 *m* de longueur et il en a été enfoncé 8 896.

Les pompes à vapeur qui sont installées au-dessus des pertuis sont destinées à maintenir au niveau de 0,50 *m* au-dessous de A P les eaux du canal et de l'ancienne rade d'Amsterdam, transformée en lac, de façon à assurer l'écoulement des eaux des anciens polders et des eaux pluviales, et à faciliter le desséchement des terres basses du Wykermeer et de l'Y occidental. A chaque pertuis correspond une énorme pompe centrifuge de 2,44 *m* de diamètre actionnée par une machine à vapeur de 75 *chx* et pouvant élever 670 m^3 d'eau à la minute. On a donc là une usine hydraulique de 225 *chx* de force, élevant 33 m^3 d'eau par seconde à 2,20 *m* de hauteur. Ces pompes n'ont guère à fonctionner que 90 jours par an.

Desséchement de l'Y occidental et du Wykermeer *(Pl. 53, fig. 33.)*. — Le desséchement de l'Y occidental et du Wykermeer a pu s'opérer et on a rendu ainsi à la culture plus de 5 300 hectares. Ces terres sont en moyenne entre 0,30 *m* et 1,40 *m* sous A P. On a commencé par entourer tout le territoire à dessécher par un fossé de ceinture, de 1,50 *m* de profondeur, qui règne extérieurement tout le long d'une digue enveloppante qu'on construit avec seulement 0,60 *m* de hauteur. Cette double ligne de défense est faite pour empêcher l'afflux, dans le polder, des eaux des terrains environnants. A l'intérieur, on établit un réseau de canaux et de rigoles disposé comme pour l'exécution d'un drainage sur une très vaste échelle : ainsi de grands fossés collecteurs aboutissent à un fossé principal dans lequel plongent les tuyaux d'aspiration des pompes d'épuisement ; ces collecteurs reçoivent l'eau des fossés latéraux de moindres dimensions qui règnent à l'intérieur de la digue de ceinture, et celle des fossés secondaires qui recoupent de grandes et petites rigoles de partage de moins en moins larges et moins profondes, et dont l'ensemble divise le terrain en rectangles allongés.

On ménage des voies d'exploitation de 7 *m* de large au milieu

de tous ces canaux d'écoulement ; canaux et routes ont absorbé ensemble environ le 1/15 de la superficie totale. Les canaux principaux dont le développement est de 21 600 *m* ont une largeur en moyenne de 2 à 5 *m* au plafond et 7 à 11 *m* au plan d'eau, et 2,50 *m* à 3 *m* de tirant d'eau.

On a produit et on maintient l'asséchement au moyen de huit et finalement de deux pompes centrifuges actionnées chacune par une machine à vapeur de la force de 12 *ch.* Les huit pompes élevaient ensemble 5 500 *l* d'eau par seconde à des hauteurs variant de 2,08 *m* à 3,20 *m.* De puissantes vis hollandaises, mues par la vapeur, ont dû apporter leur renfort pour parfaire l'épuisement.

Parcours du canal de la mer du Nord *(Pl. 53, fig. 34).* — Vu dans son ensemble, le canal de la mer du Nord part d'Amsterdam avec toute la largeur de l'entrée de l'Y du côté du Zuiderzée, c'est-à-dire avec 500 *m* de large à la surface, 50 *m* de largeur au fond et 5 à 6 *m* de profondeur ; mais les largeurs se réduisent progressivement, et, à 3 *km* au nord-ouest de la ville, elles atteignent les dimensions normales.

Dans les parties desséchées, l'Y occidental et le Wykermeer, la largeur au plafond est de 27 *m;* les talus à 2 pour 1 s'élèvent jusqu'au terrain naturel qui est conservé des deux côtés comme bermes *(Pl. 53, fig 34)* sur une largeur de 30 *m.* A cette distance, commencent les digues latérales ayant 5 *m* de largeur au sommet et des talus de 4 pour 1. De sorte que le canal présente au niveau de la ligne d'eau une largeur de 120 à 130 *m,* suivant le plus ou moins de hauteur du fond dans les différentes parties du golfe ; mais la largeur utile pour la grande navigation est de 63 *m* au plan d'eau.

Dans les parties en tranchée, c'est-à-dire dans le Buitenhuizen, et à travers les dunes depuis Velsen jusqu'à la mer du Nord, la largeur au plafond est la même que dans les parties desséchées avec talus à 2 pour 1 jusqu'à 1 *m* sous AP *(Pl. 53, fig. 35);* à ce niveau sont établies deux bermes de 4 *m* de largeur chacune, puis les talus reprennent à 2 pour 1 jusqu'au niveau des chemins de halage, dont les largeurs sont de 10 *m* sur le côté sud et de 5 sur le côté nord ; les talus se continuent ensuite avec la même inclinaison jusqu'au niveau du terrain naturel. Le canal a alors une largeur de 63 *m* à la ligne d'eau et de 65 *m* au niveau de AP, qui est à 0,50 *m* au-dessus de celle-ci. Partout le tirant d'eau est de

9,50 *m*; mais on a, dès maintenant, formé le projet de l'approfondir jusqu'à 10 *m* à 10,50 *m*.

A la traversée des dunes, on a dû creuser le sol à plus de 16 *m* de profondeur.

Avant d'arriver jusqu'à ces dunes, le canal, en sortant d'Amsterdam, prend une direction nord-ouest et longe au sud le *Amsterdammer Polder*, sur le bord duquel se trouvent les nouveaux docks de pétrole et qui est traversé par la ligne de chemin de fer de l'État, laquelle passe au-dessus du canal par un grand pont tournant à double volée, en face de Zaandam (ligne d'Amsterdam à Enkhuizen). Il continue directement à l'ouest, en passant entre le polder et Zaandam, au nord, et le grand polder de l'Y, au sud; puis, entre les petits polders de Westzaan et de Nauerna, à droite, et le grand polder de Houtrak, à gauche. C'est à partir de là ensuite qu'il franchit en tranchée le petit cap de Buithuizen, en longeant au nord le Oost Spaarndammer Polder; puis il s'infléchit au nord-ouest, en traversant, sur 4 500 *m*, les polders qui ont été conquis sur le Wykermeer, et atteint à Velsen le point où les dunes ont la moindre largeur; il descend un peu vers le sud-ouest, est coupé par deux ponts tournants à double volée pour la route et pour le chemin de fer Hollandais de La Haye au Helder, et arrive au nouveau port d'Ymuiden que nous allons visiter.

Le canal met en communication la mer du Nord non seulement avec Amsterdam, mais il dessert encore les ports de Velsen, Spaarndam, Nauerna, Westzaan et Zaandam par des embranchements de dimensions correspondant à la nature du trafic avec ces ports d'importance variable : d'abord, à gauche, il y a l'embranchement par lequel se déversent les eaux de l'ancienne mer de Harlem, lequel a été prolongé à partir de Halfweg, où était son embouchure dans l'Y, par un canal de 5 *km* environ de longueur, formant la séparation du grand polder de l'Y et du polder de Houtrak. C'est à Halfweg que se trouvent les grandes écluses qui protégeaient contre l'envahissement de la mer les polders de l'ancienne mer de Haarlem.

Le grand canal reçoit ensuite, du même côté, la Spaarne, qui se continue ainsi depuis Spaarndam, son ancienne embouchure, par deux canaux d'environ 4 *km*, formant, l'un, la limite occidentale du Hontrak-Polder, et l'autre, celle du Oost Spaarndammer Polder. Ces trois embranchements principaux ont 4 *m* de profondeur sous AP et 22 à 24 *m* de largeur au plafond. Sur la rive droite, le canal reçoit plusieurs autres embranchements, dont l'un,

près de Zaandam, a 5 *m* de profondeur et 30 *m* de largeur au plafond ; un autre, en face de Nauerna, mesure 25 *m* de large et 4 *m* de profondeur ; les autres, venant de Bezerwijk, Barndegat, Oustzaan et Nieuvendam, n'ont que 2 *m* à 3 *m* de profondeur et 10 *m* de largeur au plafond.

Port et écluses d'Ymuiden. — Après avoir, comme je l'ai dit, longé la rive sud du nouveau canal à travers les dunes depuis Velsen, notre train s'est arrêté au débarcadère de la jeune ville d'Ymuiden, où nous avons été reçus par MM. A. A. Bekaar et W. K. Ducroix, tous deux Ingénieurs de Waterstaat et membres de l'Institut royal, qui ont fait les études et sont chargés de la direction des travaux de construction de la nouvelle grande écluse, au sujet de laquelle ils nous ont donné sur place des renseignements bien précis : à ceux-ci sont venus depuis s'ajouter de nombreux documents, dessins et photographies que l'éminent M. Bekaar a eu la complaisance et l'amabilité de m'envoyer, et qui me permettent de vous donner sur cet important ouvrage des détails authentiques qui pourront présenter un très grand intérêt.

Nous avons trouvé le débarcadère et tous les bâtiments et constructions de l'entreprise pavoisés de drapeaux néerlandais et français, et sans perdre un instant, nous nous sommes rendus de l'autre côté du canal, sur les points intéressants à visiter. Il n'existe pas de pont sur le canal ; nous l'avons traversé sur les portes d'écluses qui sont surmontées de passerelles de 0,80 *m* de largeur, comprises entre deux garde-corps de 0,90 *m* de hauteur.

Ces écluses *(Pl. 53, fig. 36 à 38)*, qu'on appelle les écluses de la mer du Nord ou d'Ymuiden, sont plus hautes et plus longues que celles du barrage de Schellingvoode, parce que, comme nous le savons, elles servent au passage de bâtiments d'un bien plus fort tonnage. Elles sont situées à environ 1 200 *m* du rivage, à la hauteur de la ville. Elles comprennent deux sas accolés ayant, l'un, 154,40 *m* de longueur totale, 120 *m* de longueur utile et 18,05 *m* de largeur au niveau AP ; et l'autre, 98,45 *m* de longueur totale, 70 *m* de longueur utile et 12,05 *m* de largeur ; il y a de plus une écluse de décharge ayant 33,40 *m* de longueur et 10,05 *m* de largeur.

La hauteur des bajoyers est établi à 5 *m* du côté de la mer, la dénivellation de la marée atteignant jusqu'à 3,40 *m* au-dessus de AP dans les hautes mers de tempêtes ; en aval, le couronnement de l'ouvrage est réduit à 3,60 *m* et ensuite à 2 *m*, à mesure qu'on

s'éloigne de la mer; les hauts radiers sont à 7,75 *m* pour le grand sas et à 5 *m* pour le petit et le canal de décharge.

Le sas de la grande écluse est muni à ses extrémités de deux paires de portes de flot et de deux paires de portes d'èbe; des portes de flot intermédiaires peuvent le diviser à volonté en deux compartiments, dont l'un a 70 *m* et l'autre 50 de longueur. Le petit sas est aussi muni de 5 paires de portes : du côté de la mer, deux paires de portes de flot et une d'èbe, et du côté du canal, une paire de portes de flot et une d'èbe. Enfin, le pertuis de décharge comprend deux paires de portes de flot et une d'èbe. Il y a donc en tout treize paires de portes, dont huit de flot, en fer, et cinq d'èbe, en bois de sapin créosoté. Toutes ces portes sont manœuvrées au moyen de chaines et de cabestans.

L'écluse a été construite par épuisement dans une fouille ouverte au milieu des anciennes dunes jusqu'à 10 ou 11 *m* sous AP : le sol sur lequel on a fondé les bajoyers, hauts radiers et chambres de portes, était composé d'un sable excessivement serré; aussi n'a-t-on pas eu à employer les pilotis; on a assis les constructions sur une couche de béton de 2 *m* d'épaisseur coulée dans des enceintes de pieux et de palplanches assemblées à rainures et languettes.

Seulement ces sables bien qu'incompressibles étaient perméables et, pour épuiser l'eau des sources abondantes qui envahissaient les fouilles du côté de l'ouest, on a dû employer des pompes à vapeur très puissantes; encore n'a-t-on pu réussir à maintenir le fond des excavations complètement à sec, et on a constitué la partie inférieure de la fondation par des blocs de béton, placés à côté les uns des autres, à 0,10 *m* d'écartement environ; on a rempli les vides et recouvert le tout avec du béton. Les bajoyers sont en briques; les seuils ou buscs, les chardonnets et couronnements en calcaire dur de Belgique. Le plafond du sas, les avant et arrière radiers sont formés par des fascinages, recouverts d'un dallage en pierre, compris entre deux rangées latérales de palplanches jointives.

Le mouvement de la navigation à l'écluse d'Ymuiden a pris un grand et rapide développement : ainsi, un an après la mise en exploitation du nouveau canal, en 1877, le mouvement à l'écluse de la mer du Nord n'était que de 3 376 bateaux jaugeant ensemble 2 883 700 m^3; en 1883, il a été de 5 594 bateaux mesurant 5 437 300 m^3; en 1887, de 6 256 bateaux cubant 8 214 700 m^3; et, en 1890, de 7 752 bateaux d'une capacité de 9 427 900 m^3 et se décomposant en 3 685 grands bâtiments mesurant 9 287 700 m^3 et 4 067 bateaux

pêcheurs et autres donnant 140 200 m^3. Avec un développement aussi important, et surtout pour suivre l'exemple de son rival, le port de Rotterdam qui, nous l'avons vu, a fait ses grands travaux de la coupure du Hœk van Holland, du barrage du Scheur, de la création de sa nouvelle voie d'accès à la mer par la régularisation du lit et du cours de la Meuse, etc., pour appeler à lui les grands bâtiments d'aujourd'hui, le port d'Amsterdam est bien forcé de faire le nécessaire pour satisfaire aux exigences des progrès actuels de la navigation. C'est pourquoi l'État néerlandais, puisque c'est lui maintenant qui exploite le canal de la mer du Nord, vient-il de voter un crédit de 3 200 000 *f* pour l'approfondissement et divers travaux d'améliorations du port d'Ymuiden, qui devra avoir un chenal d'une profondeur correspondant à celle du canal, laquelle est dès maintenant portée à 9,50 *m* sous AP et atteindra sans doute 10 *m* et 10,50 *m*.

Ce chenal, dont la limite est représentée par une double ligne ombrée sur la figure 43 de la planche 54 va être creusé depuis l'entrée du port d'Ymuiden jusqu'à l'embouchure du chenal d'accès de la nouvelle écluse en construction, à l'intérieur du chenal actuel qui n'a que 8,50 *m* de profondeur et se trouve limité, sur la même planche, par un trait rectiligne à droite et à gauche de la ligne ombrée. On voit en dessus et en dessous une ligne ponctuée indiquant les limites de l'ancien chenal conservé à 7,50 *m* de profondeur.

La nouvelle écluse *(Pl. 54, fig. 39 à 42)* se trouve située sur une dérivation au nord du canal : elle n'aura qu'un seul sas dont la longueur utile sera de 225,77 *m* et la largeur de 25 *m* ; le haut radier sera établi à 10 *m* sous AP. Elle aura trois paires de portes, trois de flot et trois d'èbe qui seront arasées à 5 *m*, 3,60 *m* et 2 *m* au-dessus de AP.

Les travaux de construction de cette nouvelle écluse, dont les dimensions dépassent, croyons-nous, tout ce qui s'est fait jusqu'à ce jour, ont été commencés en 1888 par une fouille dans le sable des dunes. La cote du sol était à 8 *m* au-dessus de AP et, au moment de notre visite, la fouille était descendue à 8 ou 9 *m* sous AP : l'énorme excavation devant laquelle nous nous trouvions n'avait donc pas moins de 16 à 17 *m* de profondeur, et le déblai ne représentait pas moins de 1 478 000 m^3 de sable qui ont été déposés sur le rivage. A cause de la profondeur à atteindre, on avait eu primitivement le projet de procéder comme il avait été fait en France pour l'écluse d'aval du bassin de mi-marée à Dieppe, c'est-à-dire

de recourir à l'emploi de l'air comprimé pour la construction des fondations de la nouvelle écluse. Mais on reconnut vite pendant l'exécution de la fouille que, malgré la proximité du canal et la grande profondeur, il n'y avait aucune difficulté à maintenir le fond de l'excavation à peu près à sec, et on put exécuter les fondations avec le seul concours de quelques pompes à vapeur.

Lors de notre visite, on était occupé à faire les fondations en béton de ciment de Portland, composé d'une partie de ciment, de deux de sable de rivière et de trois de briquetons. Ce béton se prépare à la main sur une aire propre et maçonnée : le sable et le ciment sont d'abord mélangés à sec, puis on fait le malaxage avec les briquetons préalablement bien lavés, et le tout est réduit en masse parfaitement homogène, avec l'introduction du volume d'eau strictement nécessaire. On a commencé par enfoncer dans le sable du fond de la fouille des palplanches contiguës, constituant une chambre rectangulaire dans l'intérieur de laquelle on a déblayé le sable jusqu'à 13,70 *m* sous AP : l'eau a été maintenue dans cette cuve au niveau de 9 *m* à 9,50 *m* sous AP, et le béton a été coulé dans l'eau, sans interruption, sur une épaisseur totale de 2,50 *m*, et pilonné au fur et à mesure avec des masses de fer de 15 *kg*.

Cette opération doit être faite avec le plus grand soin : aussi est-il interdit aux entrepreneurs de verser le moindre béton sans la présence des agents de l'administration préposés spécialement à ce service.

Les maçonneries ne doivent commencer à être montées que, au plus tôt, quatre semaines pleines après l'achèvement du bétonnage, si la saison est propice. Autrement, et c'est ce qui devait se produire alors, les fondations n'ayant dû être toutes terminées que vers le mois de novembre, les maçonneries ne seront commencées qu'au printemps de l'année 1892.

La longueur développée des cloisons de palplanches a été de 1 400 *m* et le cube du béton de 24 900 *m*.

Les dépenses faites jusqu'à ce jour pour cette nouvelle écluse se décomposent de la manière suivante :

Déblais	Fr.	873.000
Épuisement des eaux pendant le bétonnage . .		122.000
Fondations en béton		1.307.000
Divers		10.500
A reporter . . .	Fr.	2.312.500

il y aura en plus :	*Report*. . . Fr.	2.312.500
Revêtement des plafonds en bloc de béton . . .		203.500
L'ensemble des maçonneries est compté pour. .		3.433.000
Ce qui constituera une dépense totale de. . Fr.		5.949.000

non compris la construction des portes, l'installation de leur mécanisme, la construction des deux chenaux d'accès, l'installation de l'éclairage électrique, etc., dont les dispositions ne sont pas encore arrêtées, l'écluse ne devant être mise en service qu'en 1896.

Après avoir visité en détail ces immenses chantiers et avoir adressé nos bien sincères remerciements à MM. Bekaar et du Croix qui y ont répondu par de bonnes paroles pleines de sympathie pour leurs collègues français, on nous conduisit à l'embarcadère du port d'Ymuiden où nous sommes montés à bord du puissant steamer le *Simson* qui nous fit faire une promenade en pleine mer; pendant que ceux de nos collègues et compagnons qui avaient des raisons pour se méfier des effets que pouvaient leur produire les mouvements du navire, sous l'action du grand vent qui soufflait de l'Ouest, ont fait, sur un bateau plus léger, le *Ymuiden*, quelques évolutions à l'intérieur du port devant la rade.

Nous sommes restés près d'une heure au large, sans faire d'autre rencontre que celle d'un pilote qui nous a fait les trois saluts d'usage; mais durant cette promenade, et malgré les coups de mer qui ont pu faire regretter à quelques-uns de ne pas s'être munis de vêtements de rechange, nous n'avons cessé d'admirer la hardiesse de la construction de ce port qui semble véritablement un défi jeté par les Ingénieurs néerlandais à la violence des éléments.

En effet, la côte où vient déboucher le canal de la mer du Nord est tout à fait rectiligne; elle ne présente aucune baie ou anse pouvant être utilisée pour l'établissement d'un port naturel. Il a fallu en faire un en pleine mer, au moyen de deux énormes jetées curvilignes de 1 550 *m* de longueur, espacées de 1 200 *m* à la côte, et se rapprochant pour ne laisser entre les musoirs circulaires qui les terminent qu'une ouverture de 260 *m*. (*Pl. 54, fig. 43*).

La superficie totale entre les jetées est de 123 *h* mesurant, sur 150 *m* de largeur, une profondeur de 9,50 *m*, dans l'axe même du port.

Les jetées sont exposées à toute la violence des vagues; et celle

du nord que heurte directement la houle du nord-ouest a eu déjà beaucoup à souffrir ; il a fallu la défendre par des enrochements et d'énormes blocs de béton.

« Ces jetées superbes, dit Reclus, si longues que dans ce pays de brouillards elles semblent se dresser comme des îlots au milieu de la mer sauvage, sont une des œuvres les plus grandioses de l'hydraulique. »

Fondées sur un terrain de sable facilement affouillable, les jetées ou digues sont formées de blocs en béton arrimés par assises horizontales. Ces blocs ont été posés sur une couche d'enrochements de 30 *m* de largeur et de 1 *m* de hauteur, formés de pierres de basalte et destinés à combler les affouillements qui atteignaient par place jusqu'à 4 *m* de profondeur. *(Pl. 54, fig. 44.)*

On a laissé ces enrochements prendre une bonne assiette pendant plusieurs mois, puis on a nivelé leur surface supérieure au moyen de menus matériaux, briquetons ou cailloux. Les assises de blocs de béton ont été ensuite posées à sec jusqu'au niveau des basses mers ; au-dessus de ce niveau elles étaient montées à bain de mortier de ciment de Portland, et pour empêcher les blocs d'une assise d'être bouleversés avant la mise en place de ceux de la rangée supérieure, ils étaient réunis entre eux par des crampons en fer. Pour poser ces blocs qui pesaient de 6 à 12 *t*, on s'est servi de grues tournantes à vapeur qui s'avançaient à l'extrémité de la jetée à mesure de sa construction, et dont le bras s'étendait jusqu'à 12 *m* en avant ; à leur descente au-dessous des eaux, les blocs étaient guidés, mis en place et détachés de la grue par des scaphandriers.

En avant des digues, on a établi des brise-lames du côté du large, à partir de 600 *m* du rivage, au nord, et de 700 *m*, au sud. Ils sont constitués par des blocs de béton de 10 à 20 *t* jetés à pierres perdues : ils ont une largeur d'environ 3 *m* au couronnement ; le talus du côté de la pleine mer est de 1,50 *m* de base pour 1 *m* de hauteur.

M. le baron Quinette de Rochemont, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, auquel j'emprunte une partie de ces détails qu'il a publiés dans les *Annales des Ponts* de 1890 (les Ports maritimes de la Hollande), a signalé l'état défectueux de ces ouvrages : lors de sa visite, on remarquait dans les digues des brèches dans la couche de béton qui en forme le couronnement, des lits et des vides séparant les assises superposées, des crevasses dans les parements, des épaufrures dans les blocs, etc. ; dans les brise-lames,

des blocs étaient fendus et brisés en morceaux, d'autres usés par le frottement avaient perdu de leur volume et s'étaient moulés les uns sur les autres, etc.

Le couronnement des digues a été réparé, les parements latéraux ont été refaits en maçonnerie de briques, et on a fait un dallage formé d'un pavage en briques de champ; on a reconstitué les brise-lames avec des blocs de 10 et 20 *t* cubant 5 à 9 m^3; la proportion de ciment a été considérablement augmentée dans la composition du béton : auparavant elle était d'une partie pour trois de sables et cinq de briquetons et fragments de granit; maintenant le ciment entre pour deux parties dans la même composition. On avait aussi fait usage, à titre d'essai, de blocs naturels de granit de Norvège pour le rechargement des brise-lames, principalement près des musoirs. Mais l'éminent M. Bekaar a bien voulu m'écrire tout récemment que ces essais n'ont pas donné de bons résultats et que l'entretien des brise-lames se fait exclusivement avec des blocs de béton. Il a ajouté qu'on a fait les réparations dont parlait M. Quinette de Rochemont qui porterait maintenant un jugement plus favorable sur les procédés qui ont été mis en œuvre.

Les courants de marée produisent des ensablements, surtout lors des tempêtes, autour du musoir de la jetée du Nord, ainsi qu'en dedans de l'entrée du port; entre les musoirs et à l'intérieur, près de l'entrée, sur une surface d'environ deux hectares au nord de l'axe du port, le relèvement du fond est en moyenne de 1,20 *m*, et quelquefois il atteint 3 *m* en certains points, dans certaines périodes de tempêtes persistantes. On est donc obligé de faire des dragages pour l'entretien du port. En 1878, on a dragué ainsi 1 714 225 m^3 de sables dont 53 118 en dehors de l'entrée, 1 642 098 en dedans de l'entrée et 19 009 dans le chenal d'accès aux écluses; mais c'est un chiffre maximum qui n'a plus été atteint depuis : ainsi en 1884 le cube total a été de 628 772 m^3 dont 69 775 en dehors de l'entrée, 504 122 en dedans et 54 875 dans le chenal. En 1887, les mêmes chiffres ont été de 498 666 au total, se décomposant, dans le même ordre, en 75 155, 401 391 et 22 120; et en 1890, total 365 400, se décomposant en 47 900, 286 600 et 30 900 m^3.

Les courants sont parallèles au rivage; le flot dure quatre heures quinze minutes, il a une vitesse moyenne de 1,5 nœud; le jusant se prolonge pendant huit heures dix minutes et a une vitesse de 1,1 nœud; le niveau des basses mers est de — 0,85 *m* et celui des pleines mers ordinaires de + 0,79 *m* par rapport à AP.

Étant donné le régime des courants, les navires entrent dans le port en rasant la jetée Sud pendant le flot et la jetée Nord pendant le jusant.

Deux phares de premier ordre, peints par bandes horizontales alternativement blanches et rouges, hauts de 30 *m* et visibles à 18 *m* de distance, sont établis au sud du canal pour donner la direction de l'entrée du port.

En avant de ces deux phares, un sémaphore indique à tout moment la hauteur de l'eau dans la passe.

Des fanaux, munis de lampes Bakker et Creyghton, pouvant brûler quatorze jours sans arrêt, sont placés sur les musoirs des deux digues.

Une bouée sonore automatique, inventée par l'Américain Courtenay, est mouillée à 5 *km* au large des jetées ; elle sert à atterrir en cas de brume. — Cet appareil se compose d'un tube ouvert à ses deux extrémités, immergé verticalement et fixé au fond de la mer par des chaînes et une ancre qui le maintiennent plongé jusqu'à 4 ou 5 *m* au-dessous de la surface de la mer. On sait qu'à cette profondeur, sensiblement égale à celle des plus hautes vagues dans ces parages, le mouvement superficiel de la lame ne se fait plus sentir : de sorte que l'eau qui entre dans le tube par la partie inférieure y est à peu près immobile, comme dans un puits; la mer déferle autour de la partie supérieure du tuyau, mais l'eau dans l'intérieur ne participe pas à ce mouvement. Un long cylindre creux, fermé haut et bas, se meut comme un piston dans l'intérieur du tuyau; ce piston est fixé par sa partie supérieure à une bouée flottante qui lui fait suivre les mouvements de montée et de descente de la vague; ses deux fonds portent des soupapes combinées de telle sorte qu'à chaque soulèvement l'air est appelé du dehors et pénètre sous le piston, entre la base et le niveau fixe de l'eau, et qu'à chaque descente l'air introduit est refoulé sous un sifflet placé au sommet de la bouée, et dont le son sera d'autant plus aigu que le poids de la bouée sera plus lourd, puisque c'est en vertu de ce poids que le piston descend plus ou moins vite. Les intervalles entre les coups de sifflet sont inversement proportionnels à la hauteur des lames : ainsi le sifflet se fait entendre quatre fois pour des lames de 6 *m* qui déferlent au nombre de 4 par minute, et huit fois pour des lames qui, n'ayant que 3 *m*, se succèdent au nombre de 8 par minute. On entend le sifflet jusqu'à 9 milles sous le vent ; à 6 milles, vent de travers ; à 3 milles au vent.

Le port est muni d'un lazaret qui est établi dans les dunes à peu de distance de la naissance de la digue Sud.

D'Ymuiden à Amsterdam. — Cette intéressante visite des écluses et du port d'Ymuiden nous a tenus toute la matinée. A 11 heures, nous avons repris notre train qui, pour nous conduire à Amsterdam, a suivi naturellement la même voie que nous avions parcourue le matin et que nous avons quittée à la station de Haarlem pour prendre la ligne de Haarlem à Amsterdam.

Ce trajet qui n'est coupé que par la station de Halfweg, citée tout à l'heure à propos de ses écluses sur l'embranchement du nouveau canal d'Ymuiden, ne présente à la vue, aujourd'hui, rien de particulièrement intéressant, si ce n'est encore un beau pont tournant à double volée qui nous fait franchir la Spaarne, maintenant très fréquentée par des navires d'une certaine importance. Mais si la route qui relie actuellement Haarlem à Amsterdam est monotone, il n'en était pas ainsi autrefois, car l'antique forêt dont j'ai parlé venait presque jusqu'aux portes d'Amsterdam ; les Sires d'Amstel, il y a cinq ou six cents ans, y allaient chasser le cerf le troisième lundi du mois d'août : toute la population de la grande ville se rassemblait dans la rue *Haarlemmerdijk* (digue de Harlem), pour aller voir, au départ et au retour, le brillant cortège, les processions princières des chasseurs. Chose remarquable, tout cela n'est plus, ni princes, ni forêt, ni cerfs, la tradition seule en est restée, et le troisième lundi du mois d'août est jour de fête à Amsterdam, cela s'appelle le *Hertjesdag* (le jour des Cerfs), et la kermess se tient, comme jadis, dans la Haarlemmerdijk.

A droite et à gauche, la voie est bordée par une campagne qui s'étend à perte de vue, et on ne se douterait guère aujourd'hui qu'il y a cinquante ans à peine cette immense plaine verdoyante était recouverte par les eaux : c'était un lac de 180 *km²* qui portait, vous le savez, le nom de *mer de Haarlem*.

C'est à cette époque que fut construite la ligne de Haarlem à Amsterdam, qui fut inaugurée le 20 septembre 1839 : c'est le premier chemin de fer qui a été construit en Hollande, — et pour un début, les difficultés ont été grandes. — Toute la bande de terre comprise entre le lac de Harlem et le golfe de l'Y n'était qu'un marais, au travers duquel il a fallu élever une véritable digue qui devait porter la voie ; pour fonder cette digue, il a fallu créer un sol, et pour cela jeter là des millions de fascines qu'on a

recouvertes de terre, puis recommencer à jeter des fascines et par-dessus du sable et des pierres jusqu'à ce que ce remblai constituât sous l'eau une surface stable et suffisamment résistante.

Desséchement de la mer de Haarlem. — Cependant, depuis longtemps la mer de Haarlem, mettant en péril la contrée et les habitants, était considérée comme une ennemie redoutable qu'il ne pouvait y avoir qu'intérêt à faire disparaître. Déjà, en 1625, un Ingénieur hollandais, au nom prédestiné de Jan Leeghwater (videur d'eau), présenta le projet hardi d'appliquer au desséchement du grand lac de Haarlem les procédés qui lui avaient réussi pour des opérations du même genre, mais sur une échelle infiniment plus petite, dans le polder de Beemster, près de son village natal; mais le pays était alors trop préoccupé des guerres avec l'Espagne pour prêter attention à l'ouvrage que publia Leeghwater à ce sujet : le projet resta lettre morte. Il fallut les tempêtes successives de novembre et de décembre 1836 qui amenèrent l'eau du lac jusqu'aux portes d'Amsterdam et inondèrent Leyde et la campagne environnante, pour qu'on résolût de dompter le monstre. Les États-Généraux firent reprendre le projet de Leeghwater, et les travaux de desséchement commencèrent en 1840.

La première opération consista à former autour du lac une double digue ayant à sa base un chemin de halage, avec un canal de fuite dans lequel l'eau pompée devait être versée et conduite à la mer, soit par la Spaarne, soit par les écluses établies à Halfweg ou encore par celles de Katwyk.

La profondeur du lac était en moyenne de 4 *m*, sa surface de plus de 181 km^2 : il y avait donc à l'intérieur de la digue d'enceinte un volume de 724 millions de mètres cubes auquel il fallait ajouter, pour les eaux d'infiltration et de pluie, pendant le desséchement, un volume évalué à 63 millions de mètres cubes par an. Tout compte fait, les Ingénieurs, dans leurs calculs, ont estimé à 36 200 000 mètres cubes la quantité d'eau à élever, par mois, du fond des canaux d'amenée au canal de fuite; elle a été exactement de 23 700 000 m^3.

Il a fallu d'abord huit années pour construire les digues, les canaux et installer sur pilotis les pompes gigantesques qui devaient faire l'épuisement et qu'on a fait venir d'Angleterre; il a fallu ensuite trente-neuf mois de travail incessant pour envoyer à la mer les 925 millions d'eau du lac ou d'infiltration.

Trois énormes machines à vapeur suffirent pour ce travail : la

première, installée près de Warmond, fut appelée *la Leeghwater*, du nom du véritable auteur du projet primitif; l'autre, près de Heemstede, à l'ancienne sortie de la Spaarne du lac de Haarlem, se nomma *Crucquius*, rappelant le nom d'un autre habile Ingénieur néerlandais de la première moitié du XVIII^e^ siècle; enfin, la troisième, installée sur la route de Haarlem à Amsterdam, entre Halfweg et le village de Sloten, prit le nom de *Leyden*, en l'honneur du baron Van Leyden qui publia aussi un ouvrage étendu sur le desséchement du lac.

La Leeghwater entra la première en fonction le 7 juin 1848, la troisième ne commença à agir qu'en avril 1849. La Leeghwater fut établie dans une tour ronde, assise sur une forêt de pilotis; de cette tour sortaient onze bras formidables, les balanciers, actionnant onze pompes qui, travaillant ensemble, soulevaient d'un coup 66 000 *l* d'eau.

Dans les trente-neuf mois employés pour faire l'épuisement, on a consommé 25 800 000 *kg* de charbon.

Il ne s'agissait pas seulement de déverser les eaux dans le canal de périmètre; il fallait encore s'assurer du débouché facile de celui-ci, afin de ne pas nuire aux polders voisins. Aux écluses de Katwyk, les grands mouvements de marées permettent, au jusant, l'écoulement naturel du produit des machines; mais il n'en est pas de même pour les écluses de la Spaarne, au point où cette rivière avait dans le temps son embouchure dans le golfe de l'Y: là le mouvement de marée étant très peu sensible, il a fallu installer une machine horizontale de 200 *chx*, mettant en mouvement dix roues à palettes, qui occupent ensemble une largeur de 22 *m*, et ont pour objet de produire un courant dans le canal, d'élever les eaux à 0,70 *m* environ de hauteur pour les pousser dans le golfe de l'Y.

Les frais auxquels ce desséchement a donné lieu se sont élevés à 24 millions de francs: on a rendu à la culture une surface de 18 000 *ha* qui ont été vendus 20 millions de francs; l'État a donc perdu environ 4 millions, mais le pays s'est enrichi, puisque, depuis la valeur de l'hectare a plus que quadruplé et le revenu annuel de ce lac desséché est de 6 millions, c'est-à-dire le quart de la dépense primitive. Les nombreuses habitations éparses le long des canaux forment l'une des communes les plus populeuses de la province de Noord-Holland, et le village principal, Hoofdorp, placé au centre du polder, au croisement de ses grandes routes et de ses fosses maîtresses, prend de plus en plus l'aspect d'une ville (1).

(1) E. Reclus.

La dessiccation du sol est assurée au moyen de machines à vapeur qui fonctionnent encore et maintiennent le niveau de l'eau, dans les canaux, à environ 0,45 *m* au-dessous du sol. Quand il y a trop-plein, une machine élève l'eau par-dessus la digue d'enceinte et la déverse dans le canal de périmètre, puis la machine située à Halfweg fonctionne à son tour pour maintenir le niveau d'eau dans ce même canal.

C'est certainement la plus grande entreprise de desséchement qui ait été faite et c'est pour cela que j'ai cru devoir m'y arrêter quelques instants, bien que tous les détails que je viens de donner soient bien certainement déjà connus de la plupart d'entre vous.

Les Polders. — Mais puisque je m'occupe des terres cultivables conquises par desséchement, permettez-moi de vous dire que presque toute la Hollande n'est formée que de polders ; partout, peu à peu, morceau par morceau, l'industrie des habitants s'est emparée de ces lacs, de ces marais, les entourant de digues, pour les transformer en bassins qu'on a vidés ensuite à l'aide de pompes aspirantes, le plus généralement mises simplement en œuvre par des moulins à vent qui, nous l'avons vu, servent aussi à une foule d'autres applications utiles. De là cette armée formidable de ces moteurs économiques, qui donnent à tout le pays un aspect si curieux; de là cette parole bien connue de je ne sais quel auteur: « Il n'y a pas un souffle de vent qui passe sur la Hollande, sans payer tribut à l'industrie. »

Après le desséchement, ces mêmes moulins sont chargés de maintenir l'état permanent de dessiccation : pour cela, nous le savons, chaque polder est coupé par des fossés toujours pleins d'eau qui communiquent entre eux, et aboutissent à une vanne établie au pied du moulin dont le fonctionnement projette l'eau dans un canal enserré entre deux digues, et dont le niveau est plus élevé que le sol de la prairie : le canal qui reçoit ainsi tout l'excédent d'humidité des polders qu'il traverse, aboutit à une seconde vanne et à un second moulin, lequel, à son tour, envoie dans un canal supérieur le trop-plein du premier canal, et ainsi montant d'étage en étage, l'eau finit par arriver à un dernier canal ou à une rivière dont le niveau est supérieur à celui de la mer dans laquelle, à marée basse, l'évacuation est bien assurée.

Presque toutes les magnifiques cultures de la région que nous parcourions n'ont été créées, et ne sont entretenues que par ces moyens : mais on comprend quelles précautions, quelle atten-

tion soutenue il faut déployer pour éviter des désastres. Aussi existe-t-il une solidarité absolue entres tous les propriétaires, car la négligence, l'incapacité ou l'incurie de l'un d'eux suffirait pour ruiner toute la contrée.

Pour éviter de tels dangers, l'État soumet les propriétaires de polders à une surveillance constante, et il intervient pour régler non seulement les travaux de protection qui doivent être entrepris, mais encore pour contrôler l'entretien de ceux qui existent. Cette surveillance et cette intervention rentrent dans les attributions du service des Ingénieurs du Waterstaat. Au-dessous de cette administration relevant de l'État, il existe, pour chaque polder, une administration locale, particulière, spéciale dont les devoirs sont réglés par une législation très complète et très sévère.

Nul ne peut, en effet, créer un polder ou exécuter les travaux nécessaires à sa conservation, sans en avoir au préalable, soumis les plans à l'approbation du Waterstaat. Puis dès que le polder est créé, il est assujetti au contrôle, à la surveillance de tout un personnel assermenté. Depuis le président du polder, le *Dijkgraaf*, le comte de la digue, jusqu'au simple propriétaire du moulin chargé d'élever les eaux, tous les membres du conseil, tous les employés placés sous leurs ordres, tous, jusqu'aux moindres surveillants, ont des devoirs, fixes, précis, qui leur sont imposés par la loi, et auxquels ils sont obligés, par de rigoureuses pénalités, de se conformer fidèlement.

Voilà le mécanisme grâce auquel, d'un bout à l'autre du royaume, l'administration centrale concentre dans ses mains tous les fils qui font mouvoir ces intérêts multiples, et peut assurer, en même temps que la sécurité des habitants, la conservation de l'intégralité du territoire (1).

Amsterdam. — Mais nous avons eu bientôt perdu de vue les riantes verdures des terrains cultivés des polders ; à notre droite nous voyions dans le lointain, d'abord vaguement, puis de plus en plus distinctement une grande agglomération de maisons surmontées d'un nombre infini de clochers, clochetons et campaniles, c'était Amsterdam ; le chemin de fer se rapprochant de plus, longeait bientôt l'ensemble imposant des constructions en briques qui composent l'une des deux grandes usines à gaz de la ville dans laquelle nous avons pénétré en franchissant des ponts, des bassins, longeant des quais, etc. A onze heures et demie, notre train

(1) Havard.

s'est arrêté dans la gare où nous avons été reçus par M. l'Ingénieur architecte Gosschalk, membre de l'Institut royal, qui avait été choisi pour nous diriger dans cette dernière partie de notre excursion, et qui nous a invités à nous rendre immédiatement dans la grande salle du restaurant de la Station centrale, où nous était encore offert un banquet, dont la splendeur ne le céda en rien à celle des autres festins qui nous ont été prodigués.

Le menu, artistement dessiné, avait aussi son cachet de couleur locale; il était soigneusement imprimé sur beau papier de Hollande et semblait un frontispice détaché d'un vieux livre édité par les anciens maîtres typographes d'Amsterdam.

Comme c'était la dernière fois que nous nous trouvions réunis officiellement à table avec nos aimables collègues néerlandais, M. le Président Conrad se leva au dessert pour nous adresser, dans une belle et chaleureuse improvisation, de touchantes et cordiales paroles d'adieu. A son tour, notre Président, M. Polonceau, répondit en remerciant tous les membres de l'Institut Royal de l'accueil aimable, sympathique et généreux qu'ils nous avaient fait; puis, après avoir exprimé toute la satisfaction que nous n'avons cessé d'éprouver pour ce qu'il nous avait été donné de voir et d'entendre depuis notre arrivée au milieu d'eux, il nous a proposé la santé de MM. Conrad, de Jongh, Bekaar et Gosschalk, qui avaient personnellement contribué à rendre nos visites intéressantes et profitables, et enfin de pousser un triple hourra en l'honneur de l'Institut Royal des Ingénieurs néerlandais. M. Stieljes, membre du Comité de l'Institut, porta un toast en l'honneur de la France, à cause de ce que la nation française a fait en faveur de la liberté individuelle; c'est là, pour lui, la vraie raison de la sympathie qu'a pour notre pays la Néerlande qui a si longtemps combattu pour sa liberté. M. Polonceau répondit quelques mots de remerciements. Enfin, après une intéressante et courte allocution de M. Harfelt, membre de l'Institut Royal, M. le Président nous pria de nous rendre aux voitures qui nous attendaient devant la gare pour visiter la ville : nous jetâmes auparavant un coup d'œil rapide sur l'élégant salon spécialement affecté à la famille royale, et précédé d'un vaste et superbe vestibule dans lequel la haute administration du chemin de fer se tient quand la reine part ou arrive.

Comme à Rotterdam, quarante ou cinquante landaus à deux chevaux constituèrent notre cortège : nous circulâmes à travers la ville en excitant quelque peu la curiosité des habitants; le

mouvement de la rue était des plus actifs à l'heure où commença notre promenade, car elle coïncidait précisément avec celle de la Bourse.

La gare centrale, notre point de départ, est de construction tout à fait récente ; elle a été édifiée comme tout le reste de la ville sur un sol conquis par un travail opiniâtre. Antérieurement, comme se le rappellent nos collègues qui ont fait partie de l'excursion de 1883 et qui ont vu commencer les travaux préparatoires de ce nouvel édifice, deux gares desservaient déjà la ville : l'une, située au nord-ouest, correspondait à la ligne venant de La Haye par Leyde et Haarlem, et l'autre au sud-est communiquait avec la ligne du Rhin par Utrecht et Arnhem.

Au lieu de chercher à mettre ces deux gares en communication avec le port et entre elles par des voies de raccordement, on a préféré, malgré les dépenses énormes d'un tel projet, construire une gare centrale dans le port même, parce que du même coup le chemin de fer se trouvait au cœur des quartiers les plus commerçants. Elle n'a pas été bâtie sur pilotis comme on le croit généralement ; elle a été élevée sur un énorme terre-plein dans le golfe de l'Y : on a commencé par draguer la vase jusqu'à 5 *m* de profondeur, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'on ait commencé à trouver un sol assez compact, et sur l'emplacement ainsi préparé on a fait un remblai de 2 000 000 de mètres cubes, avec le sable provenant des tranchées à travers les dunes dans l'exécution du nouveau canal d'Ymuiden. Le raccordement de cette gare avec la ligne des chemins de fer hollandais se fait d'abord en remblai, sur une longueur de 1 500 *m*, sur le terre-plein qui précède la gare, et en avant duquel la traversée des Eilands Gracht a nécessité la construction d'un grand viaduc en maçonnerie de briques de 600 *m* de longueur. Ce bel ouvrage a été fondé sur pilotis de 14 à 18 *m* de longueur : il se compose de 66 arches de 6 *m* en arc de cercle, 6 de 2,75 *m* à 3,50 *m* en plein cintre, et de 3 travées de 6 *m* avec poutres métalliques qui correspondent à des rues pour lesquelles elles servent de passage *(Pl. 55, fig. 45 et 46)*. De l'autre côté de la gare, la voie se continue sur un autre terre-plein ; elle traverse le canal qui sert d'entrée à l'Oostelijk Dok (Dock de l'Est) sur un pont à quatre travées, deux tournantes de 20 *m* et deux fixes de 27 *m*, suit la digue qui longe le Dijks Gracht (Canal de la Digue) et va, par une courbe, se raccorder au chemin de fer rhénan.

Si nous jetons un coup d'œil sur un plan de la ville d'Amsterdam, nous voyons que la Gare centrale est pour ainsi dire le centre du

demi-cercle qui représente la superficie de l'emplacement occupé par la ville : celle-ci s'est développée autour d'un îlot, qui constitue la vieille ville, et, en conservant la forme de cet îlot, sur quatre lignes concentriques de canaux polygonaux, entourés eux-mêmes par le large canal extérieur, le Buiten Singel Gracht, qui a une longueur de plus de 6 *km*. Les canaux concentriques sont en partant du centre : le Singel, le Heerengracht (canal des Seigneurs), le Keizersgracht (canal de l'Empereur) et le Prinsengracht (canal des Princes) ; ils sont coupés à chacun des sommets du polygone par des fossés transversaux rayonnant vers l'intérieur comme les branches d'un éventail, et divisant ainsi la ville en une centaine d'îlots trapézoïdaux, réunis les uns aux autres par plus de 300 ponts dont plusieurs sont mobiles, tournants ou à bascule, pour laisser passer les bateaux.

Les grands canaux concentriques indiquent les agrandissements successifs d'Amsterdam, comme en quelque sorte le nombre des zones ligneuses permet de lire l'âge d'un arbre.

Pour les vieilles et primitives conditions de la navigation, le golfe de l'Y était un port naturel et très favorable, non seulement pour les pêcheurs, mais aussi pour le commerce ; car cette pointe de la mer intérieure touchait à la région la plus fertile de la Basse Hollande, et avait des communications faciles avec les pays voisins par le Zuiderzée et par la Meuse et le Rhin. Mais, pour que les premières et simples cabanes de pêcheurs fissent place aux habitations, comptoirs, entrepôts des négociants, il a fallu tout d'abord canaliser, endiguer l'Amstel à son embouchure dans l'Y, et on construisit cette digue de l'Amstel, Amstel-dam, qui devint l'origine de la grande cité du nord au XIII^e^ siècle. Des seigneurs qui prirent le nom de Seigneurs de l'Amstel, séduits par la beauté et la position avantageuse du site, construisirent sur cette digue un château, autour duquel vinrent bientôt se grouper des maisons ; ce fut le noyau duquel est sortie cette ville qui devint et resta longtemps la grande métropole du commerce européen. Elle aspire, sinon à reconquérir ce titre, du moins à reprendre sa place au rang des premiers ports du continent ; et elle est pour cela puissamment aidée par l'État, qui veut contribuer à donner le plus grand prestige à la capitale du royaume. C'est pourquoi on a fait les immenses travaux dont j'ai déjà parlé ; c'est pourquoi on ne recule devant aucun sacrifice pour l'amélioration des bassins, de l'outillage du port dont je vous entretiendrai tout à l'heure ; c'est pourquoi, comprenant que, pour ne pas succomber

dans la lutte qu'elle a à soutenir avec sa rivale voisine, Rotterdam, il faut qu'Amsterdam puisse être aussi en libre communication, par eau, avec l'importante vallée du Rhin, et, pour cela, ouvrir un large et profond canal qui va rejoindre le grand Rhin navigable : ce canal se fait, c'est le Merwede Kanaal qui part du Noordzée-Kanaal, près des « Stadsrietlanden », à Amsterdam, longe Utrecht, Vreeswijk et Vianen, pour déboucher dans la Merwede, à Gorinchen. Son parcours est de 72 *km* ; il coûtera plus de 35 millions de francs.

Pour commencer notre promenade dans Amsterdam, nous avons d'abord admiré la superbe façade de la nouvelle gare centrale, qui se développe, avec aisance, au fond d'un vaste emplacement, dont la forme en triangle à large base est si favorable à la facilité des abords, et au sommet duquel on arrive de la ville par un large pont exactement dans l'axe de l'édifice. Par ce pont nous avons franchi le Damrak (coude du Dam) grand canal, ancienne embouchure de l'Amstel dans l'Y ; et au bout nous avons atteint tout de suite le Dam, vaste place sans forme définie, située à l'endroit où fut élevée la digue, origine de la ville, centre de ces grands canaux concentriques qui ont constitué successivement les limites de la cité : c'étaient les anciennes lignes de défense dont il ne reste plus aujourd'hui que des tours, vestiges des anciens remparts qui ont été détruits : l'une des plus curieuses est l'ancienne *Porte Saint-Antoine*, où s'arrêtait la ville en l'an 1500; c'est une véritable petite citadelle en réduction, avec des grosses tours, des tourelles, des meurtrières, des toits pointus, qui forment un ensemble d'une belle perspective.

Plus loin, c'est la tour de *Montalbaan*, moitié brique et ardoise, avec son campanile noir muni d'une grosse horloge et d'un carillon, qui marque un nouveau temps d'arrêt dans le développement de la cité ; puis c'est la *Rondeel* et la *Tour de la Monnaie*, qui, jadis, gardaient l'entrée de l'Amstel et concouraient à la défense de la ville; et, enfin, c'est la *Tour de la Pleureuse*, tour ronde, basse, couverte d'un toit et dont la porte est surmontée d'un grossier bas-relief représentant un navire qui quitte le port et une femme qui pleure. C'était anciennement le lieu d'embarquement pour tous les grands voyages d'outre-mer, et le bas-relief en question, ainsi que le nom de l'édifice, rappellent les touchants adieux qui s'y faisaient. C'est la seule de toutes ces tours qui ait conservé son emplacement à peu près aux extrémités de la ville, parce qu'elle a été bâtie au bord de la mer; encore aujourd'hui il y a

devant elle toutes les constructions de la nouvelle gare et des récents aménagements du port.

Le Dam forme donc le centre du grand cercle ; c'est le point où viennent aboutir les principales rues, tous les tramways communiquant avec les gares et avec tous les quartiers les plus éloignés.

Nous y avons vu d'abord la Bourse, avec les quatre colonnes ioniques qui supportent l'avant-corps de la façade, et qui est construite au-dessus du Damrak.

C'est au-dessous de la Bourse que se trouvent les écluses de marées qui servent à faire affluer alternativement l'eau de l'Y et de la rivière l'Amstel dans le réseau des canaux de la ville, pour empêcher que, par la stagnation, ceux-ci ne se remplissent promptement d'une boue infecte et pestilentielle.

Malgré cela, pour remédier le mieux possible à l'insalubrité de ces canaux, dans lesquels il se fait quand même d'épais dépôts de vase, une entreprise de *bateaux dragueurs* est chargée d'enlever ces boues qu'elle vend, comme engrais, aux agriculteurs et horticulteurs des environs.

De l'autre côté du vaste pont sur lequel la Bourse est construite, se trouve le prolongement du Damrak, ou mieux de l'Amstel, qui prend là le nom de Roking, canal de 50 *m* de large, amenant aux écluses de la Bourse le cours de la rivière.

Nous étions bien dans le cœur du vieil Amsterdam, nous apercevions en perspective sur notre gauche, le long du Roking, une file de constructions sombres en briques brunes, relevées par des boiseries blanches, avec de larges entablements surmontés d'une poulie, de hautes maisons inégales avec des frontons enjolivés d'ornements Louis XIV : c'était, dans le temps, la partie la plus commerçante de la ville.

Nous avons traversé le Dam, ayant devant nous la grande masse imposante du *Palais du Roi*, pour les fondations duquel il n'a pas fallu moins de 13 700 pilotis : « C'est, dit Havard, un monument grand, noble et beau. Sur un vaste soubassement s'élèvent deux ordres de pilastres de même hauteur. L'ordre inférieur porte le chapiteau composite ; l'ordre supérieur, le chapiteau corinthien. Chacun de ces deux ordres renferme deux étages, marqués chacun par une rangée de fenêtres ; celles de la rangée supérieure étant, comme hauteur, juste la moitié de celles qui sont au-dessous. Entre ces grandes et ces petites fenêtres sont sculptés des festons isolés. Au milieu de la façade se dresse un avant-corps que couronne un tympan tout rempli de figures en bas et haut

relief. Ces figures représentent Amsterdam, qu'entourent le dieu des ondes et ses dévoués sujets, Neptune, avec ses fougueux tritons, ses chevaux marins et ses blanches naïades. Sur les acrotères du fronton s'élèvent trois statues allégoriques, et derrière elles, un campanile un peu lourd arrondit son petit dôme, soutenu par huit arcades cintrées et huit demi-colonnes. Un vaisseau en girouette tourne au-dessus de la lanterne. Un grand cadran doré marque l'heure officielle. Et le carillon babillard, hôte inévitable des clochers hollandais, entonne à chaque quart d'heure une chanson nouvelle, dont les notes se perdent dans le bruit de la cité. »

Je n'ai pu résister au désir de vous donner cette description si élégamment présentée du plus bel édifice que possède la Hollande et qui a été construit sur les plans du célèbre architecte Jacob Van Campen.

De l'autre côté de la place, nous avons aperçu la Nieuwekerk (l'Église neuve), qui est aussi un des plus beaux édifices religieux des Pays-Bas. Ses soixante fenêtres lui donnent un aspect de légèreté et de sveltesse que ne démentent ni la beauté ni la grâce de ses ogives élégantes : elle a été fondée sur 6 000 pilotis.

Au centre de la place se trouve un monument appelé la *Croix de Métal*, dont je n'ai pu trouver l'explication du nom, qui s'applique mal à un monument tout en granit sculpté; il est de forme élancée, tout hérissé de ressauts, de pointes et d'aspérités qui lui donnent un aspect étrange et d'un effet peu agréable. Il est couronné d'une statue de la Concorde. Aux faces du piédestal sont des têtes de lion lançant de l'eau dans un bassin.

En quittant le Dam, nous sommes entrés dans la Kalverstraat, la rue la plus commerçante et la plus animée d'Amsterdam, dans laquelle de brillants magasins et boutiques sont accommodés au goût moderne, mais où le haut des maisons a conservé les formes anciennes, dont la physionomie sombre et sévère fait le plus étrange contraste avec l'opulence et la coquetterie des rez-de-chaussée.

Vers le milieu de la rue, un pont sur lequel se trouve le *Spui*, canal qui servait jadis à l'écoulement des eaux de la ville, et, au bout, la Sophia-Plein (place Sophie), qui se trouve dans une situation des plus pittoresques au croisement du Roking, avec le Singel et la Binnen Amstel (Amstel intérieur). Au centre de la place, on voit la tour de la Monnaie, que j'ai nommée tout à l'heure comme indiquant l'emplacement des anciennes fortifications de la ville,

quand le Singel en était la limite extérieure; son nom vient de l'espèce de corps de garde qui est tout contre et qui a servi d'hôtel de la Monnaie, c'est-à-dire de magasin d'entrepôt de l'or et de l'argent quand, en 1672, les Français vinrent jusqu'aux environs d'Amsterdam et que la grande cité n'osa plus expédier ses métaux précieux aux établissements monétaires des autres villes.

Au delà de cette place nous avons suivi la rue des Réguliers, qui n'est guère moins belle ni moins animée que la Kalverstraat, et conduit à la place Rembrandt, joli petit square avec, au centre, la statue du grand peintre. Ensuite, l'Amstel Straat, dans laquelle se trouvent le théâtre des Variétés, théâtre de second ordre, où l'on ne représente que des pièces hollandaises, et un peu plus loin, le Panopticum, le musée Grévin d'Amsterdam, qui est en face du Grand-Théâtre, où l'on joue en français, en hollandais et en allemand. Nous avons franchi le Binnen Amstel sur un pont et nous nous trouvions dans le quartier juif; sur la rive droite de la rivière, nous voyions d'immenses usines à vapeur : ce sont les grandes tailleries de diamants.

La taille des diamants est une industrie qui est restée exclusivement entre les mains des ouvriers juifs qui l'ont créée. C'est, vous le savez, une des richesses, une spécialité d'Amsterdam : on aura une idée de son importance quand j'aurai dit que dans le rapport de la Chambre de commerce d'Amsterdam pour l'année 1890, rapport qui démontrait le sérieux développement que reprenait le trafic du port dans ces dernières années, on citait qu'en 1885 Amsterdam avait exporté vers l'Amérique du Nord pour 347 528 dollars de diamants, et qu'en 1890 ce chiffre d'exportation s'était élevé à 3 605 281 dollars.

Mais, bien que la majorité de la population de cette partie de la ville appartienne à la religion juive, nous avions devant nous, au fond d'une très vaste place, une grande et belle église catholique dédiée à saint François d'Assise et placée sous le singulier vocable de *Moïse et Aaron* qu'elle doit à ce que sa face postérieure est ornée de la statue du premier législateur juif et de celle de son frère le grand-prêtre Aaron.

Nous avons, par un léger coude à droite, suivi le Nieuwe Heeren Gracht qui forme le prolongement, de l'autre côté de l'Amstel, de l'un des anciens quais de ceinture, le Heeren Gracht (canal des Seigneurs); après, nous avons traversé la place Jonas-Daniel-Meyer, puis passé devant la synagogue des Juifs portugais, vieil

édifice bâti en 1670 et dans le vaste parvis duquel on entre par un grand portail bordé de maisons.

Bientôt nous étions arrivés au *Plantage* qui est la promenade favorite des habitants d'Amsterdam : c'est un quartier composé de deux îles rectangulaires qui communiquent par des ponts et sont divisées dans leur longueur par une allée plantée d'arbres, le *Middenlaan* (allée du Milieu), que nous avons suivie entre de belles habitations au milieu desquelles s'élèvent le *Panorama* dont la toile change souvent, et l'hospice *Saint-Jacques*, maison de retraite catholique. En entrant dans le Plantage, nous avons vu à droite le Jardin botanique et à gauche le Théâtre du Parc et le théâtre d'Été, qui sont l'un à côté de l'autre ; puis nous avons longé le Jardin zoologique que nous reverrons plus tard, et nous nous sommes trouvés au bout, sur le Singel Gracht devant la Miderpoort (porte de Muiden), la seule des anciennes portes de la ville qui ait été conservée, et qui était du reste la plus belle et la plus moderne, car elle ne date que de 1771. Nous avons coupé là un raccordement avec la ligne du chemin de fer Rhénan, et après avoir vu le long de la rue Scarphati une caserne de cavalerie, la manutention et un hôpital militaire, nous avons franchi de nouveau l'Amstel, qui a pris là le nom d'*Amstel-Buiten* (Amstel extérieur). Le pont sur l'Amstel, qu'on appelle *Amstel-Brug* ou *Hoogesluis* (la haute écluse), a une longueur de 220 *m* sur 23 *m* de largeur ; il se compose de neuf arches et s'ouvre au milieu par un pont à bascule pour le passage des navires : on a, de là, une magnifique vue sur la ville, sur le cours de l'Amstel et sur le port ou embarcadère des yachts, ou navires de plaisance. Le plus grand hôtel d'Amsterdam, l'Amstel-Hôtel, développe là sa longue et belle façade sur le bord de la rive droite de la rivière, à l'entrée même du pont.

Plus loin nous apercevions la grande coupole vitrée du Palais de l'industrie, dominant le beau square Frédéric qui le précède. Ce vaste édifice, construit en fer et en verre, appartient à la « Société pour le progrès de l'Industrie nationale » ; il sert, comme notre palais du même nom aux Champs-Elysées, à l'organisation d'expositions industrielles : dans sa grande nef centrale existe un théâtre où l'on représente des opéras, des ballets, des pantomimes. On y donne aussi des bals et des fêtes.

Dans une série de détours, nous avons parcouru des quartiers neufs, coquets, traversé le Singel Gracht dont les quais, comme tous les autres, sont plantés d'arbres et bordés de maisons en briques rouges, d'une hauteur et d'un aspect uniformes, à façades

peintes en général de couleurs claires, avec encadrements jaunâtres aux portes et aux fenêtres; ces maisons modernes que l'on construit avec façades carrées contrastent avec les vieilles maisons du centre qui ont leurs façades noires terminées en haut à pignon, inclinées sur la rue et dont les fenêtres sont toutes à guillotine.

Dans les beaux quartiers les maisons sont peintes à l'huile et vernies; elles ont leurs fenêtres garnies de glaces et accompagnées de l'inévitable miroir incliné, appelé *espion*, qui permet de voir de l'intérieur ce qui se passe au dehors : elles ont toutes un petit perron en granit qui surmonte un escalier de quelques marches; des bornes reliées par de grosses chaines éloignent le passant, le tiennent à distance; des écrans bleus, appelés *horretjes*, empêchent les regards de traverser la vitre pour violer le secret de ce *home* si cher à tout Hollandais.

Ce qui frappe encore ici, c'est l'excessive propreté de ces quais, de ces maisons; tout cela est admirablement soigné; le tout a un air de bien-être paisible et silencieux qui est un des charmes de cette grande cité, et qui contraste avec le mouvement des autres quartiers où s'agite le monde turbulent des affaires.

Du reste, vous savez le soin merveilleux avec lequel ces sanctuaires de la famille sont entretenus; vous avez entendu parler de ces grands nettoyages légendaires du samedi, jour où, dans toutes les habitations, même les plus modestes, toutes les servantes sont occupées à faire la toilette extérieure et intérieure de la maison par un lavage à grande eau du haut en bas, de la cave au grenier.

Nous avons traversé le Stathouders Kade, puis repassé sur le Singelgracht, le Heerengracht, le Keizersgracht, dans lesquels règne un calme tout à fait aristocratique.

Le Heerengracht (canal des Seigneurs) est bien nommé ; car sur ses bords se dressent les plus beaux hôtels de la ville, les constructions les plus importantes d'un aspect à la fois simple et grandiose : ce sont les demeures des familles nobles; c'est le faubourg Saint-Germain d'Amsterdam.

Le Keizersgracht (canal de l'Empereur) est plutôt le quartier des familles riches, des grands financiers. Les hôtels qui le garnissent frappent aussi par leurs lignes monumentales, majestueuses, sans exagération de sculptures et d'ornements.

Seul le Prinzengracht (canal des Princes) ne répond pas à son nom; il est peuplé de petits marchands, de bateliers, de pêcheurs :

aussi n'y voit-on que des demeures très modestes, mais, par contre, on y trouve le mouvement, la vie, l'activité qui caractérisent partout les centres très populeux.

Le Keizersgracht et le Heerengracht possèdent l'un et l'autre un musée de peinture : sur le premier se trouve le musée Fodor, collection des plus riches, léguée à la ville d'Amsterdam par son propriétaire ; sur l'autre, le musée Six, qui appartient encore au descendant du bourgmestre d'Amsterdam qui portait ce nom.

Après avoir pris la rue de Leyde et jeté un coup d'œil sur le Palais de Justice et sur les bâtiments de la Société d'architecture qui sont construits sur la place de Leyde, nous sommes entrés dans le *Vondels Park*, vaste et beau jardin public consacré à la mémoire du poète Van den Vondel, et qui présente cette particularité que son terrain tremble sous le pas des piétons ; un proverbe local dit : *het land leeft*, la terre vit ; cela est dû à la nature tourbeuse du sol. Il se trouve dans un quartier absolument neuf qui, il y a très peu d'années, était dans les champs, au centre d'un polder; aujourd'hui, c'est un magnifique parc, avec des plantations superbes, des petites rivières ; c'est le rendez-vous du beau monde, c'est le bois de Boulogne d'Amsterdam. Après en avoir parcouru toutes les allées sinueuses, notre grand cortège de landaus s'est arrêté sur le Stathouders Kade devant le grand musée de l'État.

Le Musée Royal. — Antérieurement, le musée de l'État était sur le bord du canal nommé le Burgwal'Klovenier ; c'était un bâtiment du XVII^e^ siècle qu'on appelait le Trippen-huys, et dans lequel les chefs-d'œuvre de la peinture hollandaise étaient beaucoup trop à l'étroit et surtout mal éclairés. — En 1885, on a inauguré le palais du Stathouders Kade qui a été construit sur les plans de l'architecte Cuypers, auteur également de la nouvelle gare centrale. — C'est un monument dans le vieux style hollandais de la Renaissance, mêlé de gothique et de roman. Les collections ne comprennent pas seulement les tableaux, les dessins et les estampes qui formaient le musée du Trippen-huys, mais encore toute la magnifique collection Van der Hoop, léguée à la ville par son propriétaire, ancien membre de la Chambre des États, mort en 1854, ainsi que les nombreux tableaux, objets d'art et antiquités qui étaient à l'Hôtel de Ville, à l'ancien musée des Pays-Bas de La Haye, à la Société d'archéologie d'Amsterdam, etc.

Aussi faudrait-il plusieurs journées pour voir en détail toutes ces richesses, toutes ces merveilles, tous ces chefs-d'œuvre des

chefs-d'œuvre ; et nous avions à peine une heure à consacrer à cette visite ! — Des guides furent chargés de nous diriger pour nous arrêter devant les toiles les plus remarquables ; et tout d'abord, devant la maîtresse pièce de l'art hollandais, devant cette fameuse *Ronde de Nuit* qui, seule, aurait suffi pour immortaliser le nom de Rembrandt, et qui, naturellement, a les honneurs d'une salle spéciale du musée, dans laquelle on a dirigé sur le tableau bien juste la lumière qui lui convient. En face, le *Banquet de la Garde civique*, de Van der Helst ; dans une autre salle, les *Syndics des Drapiers*, de Rembrandt ; plus loin sa *Fiancée juive* ; mais je n'en finirais pas et mon énumération qui ne ferait que vous rappeler des titres de sujets et des noms d'auteur serait quelque peu fastidieuse : aussi, pour tout dire avec le moins de mots possible, j'emprunte encore à Havard sa façon élégante et commode de décrire en quelque sorte à vol d'oiseau.

« L'art hollandais, dit-il, n'est représenté nulle part aussi glorieusement. Les Ostade, les Steen et les Dusart personnifient joyeusement l'humeur et la gaieté de leurs contemporains, pendant que les Bol, les Flink, les Frans Hals et les Mierevelt nous présentent leurs vanités civiles et leurs prétentions guerrières ; Pieter, de Hooch et Brekelenkamp nous dévoilent leur intérieur honnête et familier ; Van der Heyden, les deux Berkheyden et Beerstraaten nous disent le culte qu'ils nourrissaient pour leur ville natale ; Hobbema, les Ruisdaël, Wynants, Aalbert Cuijp et Van Goyen nous initient à leur amour des champs ».

« C'est une réunion complète dont on chercherait vainement ailleurs l'équivalent. Tous y sont : les grands et les petits, les grands surtout : Terburg et Metzu, avec leurs jolies scènes d'intérieur et leurs mignons portraits, Van Huysum avec ses fleurs, David de Heem avec ses fruits, Karel Dujardin et Berghem avec leurs animaux spirituels et leurs scènes d'Italie, les Van de Velde avec leurs vaisseaux, Backhuizen avec ses tempêtes, Asselyn avec ses batailles, Paul Potter avec ses superbes ruminants, et les Both avec leurs couchers de soleil, dont ils semblent avoir dérobé le secret à Claude Lorrain ».

Promenade sur les canaux.— Encore tout éblouis de toutes ces richesses, nous nous sommes groupés pour nous embarquer, à la sortie du Musée, sur un bateau à vapeur, mis encore à notre disposition pour nous conduire à travers la ville, sur les canaux, d'abord à une des usines à gaz de la ville et ensuite dans le port même d'Amsterdam.

Dans cette promenade, nous avons rencontré une vingtaine de ponts fixes à bascule ou tournants et plusieurs écluses.

La traversée des ponts mobiles et des écluses donne lieu au péage du droit qui se perçoit, j'allais dire qui se pêche, d'une façon assez originale : au passage du bateau, le percepteur tend une véritable ligne qui est munie à son extrémité d'un vrai sabot, dans lequel le capitaine dépose le montant de la taxe.

Pour les ponts fixes, c'est autre chose : comme ils sont presque de niveau avec les deux quais qu'ils font communiquer, le tablier se trouve très peu élevé au-dessus du bateau, de sorte que, pour passer par-dessous, il faut se courber fortement, même quand on est assis. Mais c'est là le moindre inconvénient! Il y en a un d'une tout autre sorte : dans la position qu'on est forcé de prendre, on ne voit pas ce qui se passe en haut, et l'on est exposé à recevoir, sans pouvoir s'en garer, les projectiles liquides lancés par la bouche... des gavroches hollandais qui préparent de loin leurs munitions pour faire coup double à l'aval et à l'amont.

Nous avons suivi, de l'ouest à l'est, le Buiten Singelgracht (canal de ceinture extérieur), en repassant derrière le Palais de l'Industrie ; le Buiten Singel débouche, comme tous les autres canaux concentriques, dans l'Amstel qui les coupe à angle droit.

Nous nous sommes retrouvés devant l'Amstel-Hôtel et, descendant la rivière, en franchissant le *Hoogsluis*, pont sur l'Amstel, et ensuite les anciennes écluses qui lui ont donné leur nom, nous avons pénétré dans le Prinzengracht (canal des Princes), que nous avons suivi dans toute sa longueur, en passant par ou sous onze ponts.

J'ai déjà décrit l'aspect général des quais et des maisons qui bordent ces canaux; je n'ai pas à y revenir; je citerai seulement les deux édifices qui se trouvent sur ce canal : c'est d'abord le Palais de Justice et, plus loin, le Wester Kerk (église de l'Ouest), qui s'élève au centre d'une grande place qui était l'ancien cimetière de l'église, transformé depuis en un grand marché, Wester Markt (marché de l'Ouest).

Cette église, construite en pierre et en briques, est d'un dessin élégant et agréable à l'œil, bien que n'étant d'aucun style bien arrêté. Bâtie en 1620, on lui a conservé la forme des vieilles églises, en lui appliquant l'architecture bizarre du XVII^e^ siècle, avec ses cintres, ses colonnes, ses pilastres et ses attiques. Sa grande tour, conçue dans le même goût, est à la fois gracieuse et hardie, et complète fort bien ce très curieux édifice.

Plus loin, en approchant de l'Y, nous avons pris à gauche un canal transversal, le Brouwersgracht, qui aboutit à l'ancienne porte de Haarlem, appelée Willemspoort. De ce point part un autre petit canal, lequel longe, à gauche la Harlemmerstraat, où jadis on allait voir le cortège de la chasse aux cerfs, et, à droite, un très beau parc, le Welgelegen Park, où se sont organisées des Sociétés pour les jeux modernes du cricket, du lawn-tennis, etc.

A la suite se trouve le vaste emplacement occupé par les magnifiques constructions de l'usine à gaz, dite usine du Haarlemmerweg, que les voyageurs remarquent avant d'arriver à la gare centrale et que nous venions visiter.

Au débarcadère nous attendaient M. Salomons, directeur de la Compagnie Impériale et Continentale du Gaz à Amsterdam, et tout le personnel administratif de l'usine. Il nous a été distribué une notice sommaire sur l'établissement que nous allions parcourir et qui a été construit sur un emplacement de 14,5 *ha*, d'après les plans et sous la direction de l'habile architecte, M. Gosschalk, que nous avions l'avantage d'avoir pour guide depuis notre arrivée à Amsterdam.

Les bâtiments couvrent une superficie de 19 085 m^2; on a dû employer plus de 25 000 pilotis pour fonder les constructions et 4500 sous les trois gazomètres. Nous avons parcouru cette importante et intéressante usine, accompagnés par M. Salomons, qui nous a donné fort gracieusement les explications les plus claires et les plus précises.

Vous en trouverez la description complète, avec plan, dans un article qui a été publié, en août 1886, par le journal *le Gaz*, et dont la notice qui nous a été offerte n'est qu'une reproduction. Je ferai donc une œuvre plus utile, et en même temps j'aurai le plaisir de donner satisfaction au désir exprimé par M. Salomons, en décrivant ici la seconde usine que possède la même Compagnie à l'est de la ville, près de la gare du chemin de fer Rhénan. Elle est située dans la Linnaeus straat et longée par un canal, le Ring-Vaart.

Bien qu'occupant un terrain de moindre superficie, 8,5 *ha*, l'usine du *Nieuwer Amstel* produit beaucoup plus que celle du *Haarlemmerweg*, ses divers appareils étant d'une beaucoup plus grande capacité. De plus, dans la seconde usine, plus jeune de deux ans, les systèmes et procédés qu'on y utilise sont plus perfectionnés que ceux de son aînée.

Usine à gaz du Nieuwer Amstel *(Pl. 55, fig. 47).* — L'usine, commencée en 1885, a été mise en marche régulière le 1er juillet 1887 ; elle a été édifiée de même que celle du Haarlemerweg sur les plans de M. l'architecte Gosschalk et la direction des travaux techniques a été confiée à M. Jules Pazzani, ingénieur-directeur de la Compagnie.

Elle est desservie par la ligne du chemin de fer de la Compagnie Hollandaise et par celle du chemin de fer de l'État, par des embranchements à niveau, traversant le terrain de l'usine dans la longueur des deux côtés, au nord et au sud. Ces embranchements sont reliés par un pont mobile mû par des cabestans hydrauliques. Cette usine, comme celle du Haarlemerweg, est longée par un canal, de sorte que l'approvisionnement des matières premières et l'enlèvement des sous-produits se font dans les meilleures conditions.

Salle des fours — La salle des fours peut contenir 80 fours, dont 56 sont déjà en fonction ; 16 gazogènes de neuf cornues chacun, moitié système Munich et moitié système Hasse Didier et 40 fours ordinaires de sept cornues. Les derniers peuvent être modifiés ultérieurement en fours gazogènes avec neuf cornues chacun. Les barillets sont en tôle, supportés par des consoles en fonte, reposant sur la maçonnerie des fours à une distance d'environ 1 *m* ; ils ont la forme ⊂⊃ et mesurent 0,61 *m* de largeur sur 0,61 *m* de hauteur et ont des sorties qui sont arrangées de façon à forcer le goudron de s'écouler, au fur et à mesure de sa production, en ne laissant que de l'eau ammoniacale dans les barillets. Les tuyaux d'ascension ont 0,150 *m* de diamètre intérieur, et les tuyaux plongeurs 0,125 *m*. Les têtes de cornues sont à fermeture automatique sans lut, du système C. et W. Walker.

Les fours se trouvant à hauteur du premier étage, le coke sortant des cornues, tombe au rez-de-chaussée. Les wagons de charbon, amenés par chemin de fer, sont élevés à la hauteur du sol de la salle des fours par trois ascenseurs hydrauliques. Ces ascenseurs, ainsi que les cabestans du pont mobile, sont actionnés par une installation de force hydraulique, consistant en deux machines à vapeur avec deux accumulateurs, donnant une pression de 40 *atm* chacun.

Le coke éteint à l'étage inférieur de la salle des fours, est emmené au quai d'embarquement sur le bord du canal, ou vers les wagons des Compagnies de chemin de fer, dans des wagonnets qui

circulent sur des voies « Decauville » dans l'intérieur de l'usine sur toute son étendue.

Une grande partie du coke produit est passé par des casse-coke à vapeur, installés près du bâtiment des fours, sous des bâtiments en tôle ondulée.

Il y a deux installations complètes, chacune avec machine à vapeur de 5 *chx*, élévateur à godets et entonnoirs, qui permettent de recueillir le coke trié en trois espèces, directement dans des wagonnets ou dans des sacs.

Fosse à goudron. — Les goudrons et eaux ammoniacales provenant des barillets et des condensateurs sont amenés dans une fosse générale avec une séparation longitudinale au milieu.

Par décantation le goudron est recueilli d'un côté, l'eau ammoniacale de l'autre, pour être ensuite élevés et refoulés séparément au moyen de pompes à vapeur, dans des réservoirs spéciaux.

Condensateurs. — Le gaz, après avoir passé par des tuyaux en tôle de grand diamètre placés le long du bâtiment des fours, se rend aux deux batteries de condensateurs annulaires, construits par MM. C. et W. Walker de Londres, comprenant chacune six tuyaux verticaux de 15,25 *m* de hauteur, reliés entre eux par des jonctions obliques, allant du bas d'un tuyau au haut du tuyau suivant.

Chaudières, extracteurs, pompes, machines hydrauliques. — Quatre salles contiguës renferment respectivement :

a) Quatre chaudières à vapeur à 6 *atm* de pression, système Cornouailles, de 43,5 m^2 de surface de chauffe ; le combustible est du poussier de coke, la combustion est activée par l'injection d'air sous les grilles (système Perret).

Ces chaudières sont destinées à produire de la force motrice ainsi qu'à chauffer pendant l'hiver divers bâtiments et appareils.

b) Trois extracteurs construits par MM. Donkin et C^ie^ ; ils sont mus chacun par une machine à vapeur de 14 *chx* et peuvent aspirer chacun 3 500 m^3 de gaz à l'heure.

c) Les moteurs et accumulateurs pour la force hydraulique.

d) Six pompes à vapeur pour élever l'eau du canal, le goudron et l'eau ammoniacale.

Épuration. — Le système d'épuration comprend :

1. Trois scrubbers construits par MM. C. et W. Walker, d'une hauteur de 19,80 *m* et d'un diamètre de 3,65 *m*, surmontés d'une

tourelle en tôle dans laquelle se trouvent le réservoir d'eau et un dispositif produisant l'arrosage automatiquement. La partie du fond de chaque scrubber se compose d'un laveur (système C. et W. Walker) pour compléter l'enlèvement du goudron. L'un de ces scrubbers est rempli de minces planches en bois, les deux autres de coke.

2. Une salle d'épuration contenant deux groupes de huit cuves chacune. Chaque cuve mesure 9,15 *m* × 9,15 *m* avec une profondeur de 1,83 *m*. Les deux premières cuves de chaque groupe reliées entre elles par deux distributeurs à quatre voies (système Walker) sont destinées à l'enlèvement de l'acide carbonique et une partie de l'hydrogène sulfuré. Ensuite les quatre cuves suivantes, absorbant le restant de l'hydrogène sulfuré et les autres composés de soufre, sont reliées par un distributeur à huit voies; enfin les deux dernières cuves de chaque groupe, servant comme cuves de sûreté, sont pareillement desservis par deux distributeurs à quatre voies.

Compteurs de fabrication. — Les compteurs, au nombre de deux, établis ensemble dans un même bâtiment, peuvent mesurer *3 400 m³* par heure chacun. Ils ont été construits par la « Gasmeter C°. Limited » en Angleterre. Une disposition spéciale y produit le renouvellement continu. Il y a place, dans le bâtiment, pour l'installation d'un troisième compteur de la même puissance que les deux existants.

Gazomètres. — Les deux gazomètres construits par MM. S. Cutler et Sens, sont télescopiques, à trois levées, chaque levée d'une hauteur de 7,625 *m*, sauf la première qui est de 7,775 *m*. Les cuves en maçonnerie ont un diamètre intérieur de 46,360 *m* et une profondeur de 7,93 *m*. La capacité utile de chaque gazomètre est de *34 000 m³*.

Deux chaudières à vapeur installées dans le bâtiment de l'usine à sulfate d'ammoniaque servent en partie aux besoins de cette usine et aussi en hiver à chauffer l'eau des cuves et des gorges hydrauliques des gazomètres.

Régulateurs d'émission. — Il y a deux régulateurs d'émission du système « Parkinson » à doubles cônes. Dans la même salle est établi un poste de service téléphonique, reliant toutes les parties de l'usine, ainsi qu'une communication électrique avec le poste le plus voisin des pompiers de la ville d'Amsterdam.

Château d'eau. — Le château d'eau contient trois réservoirs ; le premier a 9,60 *m* au-dessus du sol pour de l'eau douce ; le second a 13,70 *m* d'élévation pour l'eau ammoniacale à envoyer à l'usine à sulfate d'ammoniaque ; le troisième réservoir a une hauteur de 20,80 *m* du sol, reçoit et distribue l'eau du canal, élevée par les pompes de l'usine.

Un poste de pompiers avec un matériel de pompes à incendie est installé au rez-de-chaussée.

Le service d'eau dans l'usine est fait au moyen de 31 bouches de prise d'eau.

Usine à sulfate d'ammoniaque. — Cette usine, construite à l'extrémité du terrain, à la suite des gazomètres, est munie de deux appareils complets de distillation de M. le Dr Feldmann de Bremen ; ils peuvent traiter chacun 15 m^3 d'eau ammoniacale en vingt-quatre heures. Ce sont des appareils à marche continue, et la distillation se fait au moyen de la vapeur.

A proximité des locaux de fabrication, M. Salomons a fait construire au Haarlemerweg, un petit pavillon dans lequel se trouve installé tout un service fort bien aménagé de bains et de douches chaudes et froides : les figures 48 et 49 de la pl. 55 présentent une vue, en plan et en coupe verticale, de cette utile organisation qui permet aux ouvriers de l'usine de se donner la satisfaction d'un nettoyage général et rapide en venant échanger leurs vêtements de travail contre ceux de ville.

Avant de prendre congé de nous, le très aimable Directeur de la Compagnie du Gaz a insisté pour que nous allions aux bâtiments de l'administration, dans lesquels il nous a fait servir des rafraîchissements tout en nous montrant l'organisation bien combinée de ses bureaux, de ses laboratoires d'essai et de sa fort intéressante chambre de photométrie.

Nous avons été excessivement touchés du charmant accueil qui venait de nous être fait, et nous en avons très chaleureusement remercié M. Salomons auquel je tiens à présenter encore ici et personnellement l'expression de toute ma gratitude. Car il a tenu, et au delà, la promesse qu'il avait bien voulu me faire de m'envoyer des documents qui me mettraient à même de vous rendre un compte exact des procédés modernes de la fabrication du gaz à Amsterdam ; il les a accompagnés de l'envoi d'une magnifique série de dessins et de photographies qui viendront enrichir les collections de notre Société.

Nous avons aussi adressé des félicitations à l'habile M. Gosschaltk qui a su donner à l'ensemble de toutes ces constructions en briques, un cachet, un caractère grandiose parfaitement en harmonie avec la destination et la grande importance de l'usine qu'elles constituent.

Avertis par le sifflet de notre bateau que l'heure s'avançait et qu'il nous restait encore beaucoup à voir, nous nous sommes réembarqués pour faire une rapide visite du port d'Amsterdam.

Le Port d'Amsterdam. — Le bateau a repris en face de Willemspoort le Prinzen Gracht et après avoir passé sous le beau pont à quatre travées, dont deux tournantes de 10 *m* chacune, qui joint le grand viaduc au terre-plein de la gare centrale, nous avons débouché dans le port, dans le Westelijkdock (Dock de l'Ouest).

A l'origine du XIII^e^ siècle, le port d'Amsterdam ne comprenait que le Damrak, qui était sous la protection du château des seigneurs d'Amstel ; à cette époque Amsterdam n'était qu'un village de pêcheurs et de marchands dont les bateaux commençaient seulement à se montrer dans les ports de la Belgique.

Au milieu du XIV^e^ siècle, Amsterdam faisait un trafic important sur le Rhin, avec Cologne, le principal entrepôt du commerce, et sur l'Escaut avec le Brabant et la Flandre. Dans la seconde moitié du même siècle la ville entra dans la Hanse.

Au commencement du XV^e^ siècle son port était, après celui d'Anvers, le meilleur des Pays-Bas. Les navires de mer mouillaient à la rade sur l'Y au dehors de la palée et les bateaux d'intérieurs au dedans de la palée, au Damrak et aux Valen, côtés est et ouest de la ville, qui sont actuellement en grande partie remblayés.

C'est au XVI^e^ siècle que le commerce d'Amsterdam atteignit l'apogée de sa prospérité : il ne s'étendait pas seulement sur toute l'Europe, mais encore jusqu'aux Indes orientales et occidentales.

C'est alors que se fonda la fameuse Compagnie des Indes orientales qui étendit le commerce d'Amsterdam sur toutes les parties du monde, et la ville devint l'étape du nord-ouest de l'Europe.

Maintenant elle constitue un port de transit des plus importants pour l'ouest, le sud et le centre de l'Allemagne. *(Pl. 55, fig. 50.)*

Le port d'Amsterdam (1) comprend un mouillage dans l'Y, des quais et des appontements le long de la rive sud de ce golfe et des bassins pour navires de mer et bateaux de navigation inté-

(1) Extrait des *Ports maritimes de la Hollande*, par le baron Quinette de Rochemont.

rieure. Plusieurs appareils de radoub ont été établis par des Compagnies particulières.

Le mouillage dans l'Y comprend 91 bouées d'amarrage disposées sur deux rangées à 150 et 250 *m* en avant du *Handelskade* : la profondeur d'eau est de 7,50 *m* sous A P. En avant de la ville une assez grande surface de l'Y a de 8 à 11 *m* de profondeur.

Les quais sur l'Y comprennent les deux grands appontements, dits *de Suez*, qui ont 120 *m* de longueur sur 60 *m* de large, sont distants l'un de l'autre de 75 *m*, et peuvent recevoir les plus grands navires.

A la suite vient l'embarcadère à bestiaux, estacade de 104 *m* de long sur 10 *m* de large, relié au rivage par un appontement de 53 *m* de longueur sur 5 de largeur, au bout duquel se trouvent des écuries pour les bestiaux et un parc à moutons.

En avant des trois grands terre-pleins de la gare centrale il y a dix-neuf grands appontements : six derrière le terre-plein de l'Ouest, quatre au terre-plein de l'Est et neuf au terre-plein central. Ce sont les appontements de *Ruyterkade*,, qui sont abordables des deux côtés.

Plus à l'est, le *Handelskade* (quai du Commerce), de 2 072 *m* de longueur, est destiné à recevoir les plus grands navires.

Ces quais et ces appontements atteignent une longueur totale de 4 365 *m*.

Les appontements se composent de lignes de pieux de 18 à 22 *m* de longueur, réunis longitudinalement et transversalement, et supportant des planchers en bois.

Les murs de quai sont généralement établis sur plate-forme et pilotis : une ligne de palplanches est battue en arrière de la première file de pieux.

Pour le *Handelskade* on a commencé par faire un bon fond en sables : on a employé, pour faire le remblai jusqu'au-dessus du niveau de l'eau, 11 600 000 m^3 de sable : et sur ce remblai on a fondé le mur sur une plate-forme en charpente dont la partie postérieure porte sur des piles de pieux, et la partie antérieure sur un massif de béton descendu, jusqu'à 6 *m* sous AP, dans une enceinte de pieux et palpanches jointifs, et soutenu par des pieux de fondation.

Les bassins pour navires de mer sont au nombre de neuf : sept appartiennent à la ville et deux, l'*Entrepôt Dock* et le *Spoorweghaven*, ont été établis par l'État ; mais le premier de ceux-ci pas-

sera aussi prochainement à la ville d'Amsterdam en vertu d'un contrat qui va être sanctionné par une loi.

De ces bassins, le premier à l'ouest, c'est le *Hout Haven* (bassin au bois), qui a une superficie de 105 1/2 *ha*. Une longue digue en sable l'isole de l'Y avec lequel il communique par deux pertuis de 20 *m* de large. Celui de l'ouest donne accès dans deux darses parallèles de 700 *m* de longueur, et celui de l'est conduit à un bassin quadrangulaire d'une surface de 15 1/2 *ha*.

Toutes les opérations se font par transbordement, les navires étant amarrés à des Ducs-d'Albe. Il n'a pas fallu moins de 63 000 m^3 de sable pour faire la digue du *Hout Haven* qui a 2 200 *m* de longueur.

A la suite, le *Wester Dok* (dock de l'Ouest), qui a 12 *ha* de superficie, puis le *Ooster Dok* (dock de l'Est), de 15 *ha* de surface et qui se trouve de l'autre côté et en avant des terre-pleins de la gare centrale, ensuite le *Dijk Gracht* (canal de la Digue) qui communique avec le précédent en longueur parallèle au *Handelskade*, et qui a 12,4 *ha* de superficie ; dans ces trois bassins toutes les opérations se font par transbordement.

Le cinquième des bassins pour navires de mer est l'*Entrepôt Dok* qui règne tout le long de la face nord du Jardin zoologique ; il ne peut recevoir que des navires de faible tirant ; les marchandises y sont apportées ou enlevées au moyen d'allèges : il mesure 6 *ha* de surface.

Le *Nieuwe Vaart* (nouveau canal), parallèle à l'Entrepôt Dok dont il a la superficie, communique par le Loozings-Kanaal, et au moyen d'écluses de 10 *m* de largeur, avec un autre bassin, le *Spoorweg bassin* (bassin du chemin de fer), et avec le canal de la Merwede qui est en cours d'amélioration ; le Spoorwegbassin de 8,80 *ha* de superficie peut recevoir les plus grands navires.

Le *Binnenhaven* (bassin intérieur) (6,50 *ha*), qui est tout en longueur, au sud du Handelskade, est un bassin de garage et sert à effectuer le transbordement sur wagons des marchandises arrivant par bateaux et *vice versa*.

Enfin, le *Petroleumhaven*, qui est sur la rive nord de l'Y, en face des appontements de Ruyter, n'est que provisoire ; il va être prochainement remplacé par le grand *bassin à pétrole*, dont j'ai déjà dit un mot en décrivant le tracé du canal de la mer du Nord à l'entrée duquel il se trouve sur la rive gauche.

Nous savons qu'en dehors de ces quais et bassins spécialement affectés aux navires de mer, la ville d'Amsterdam est sillonnée en

tous sens par des canaux et des bassins qui reçoivent les bateaux de navigation intérieure et des allèges. Sur une notable partie de leur longueur, ces canaux sont pourvus de murs de quai pour embarquement et débarquement, en arrière desquels se trouvent des terre-pleins de 12 à 15 *m* de largeur, qui servent à tenir les marchés d'approvisionnement de la ville, ou sont cédés à des particuliers qui y établissent des magasins.

Aux entrées de bassins et de canaux sont établis des ponts de toute nature : ponts fixes en maçonnerie, en bois, en fer ; ponts-levis, ponts à bascule ou tournants ; les deux plus importants sont les ponts tournants des terre-pleins sur le Prinzen Gracht et devant l'écluse d'entrée du Dock de l'Est.

Il existe plusieurs appareils de radoub : une Compagnie de navigation hollandaise possède quatre docks flottants, dont deux de 40 *m* de longueur sur 21 *m* de largeur intérieure, et les deux autres de 21 *m* sur 17 *m;* on les réunit pour les grands bateaux. L'Amsterdamsche Droogdok Maatschappij a une grande forme flottante, le Koninginne-Dok, de 122 *m* de longueur et 21 *m* de largeur intérieure : elle peut soulever les plus grands navires, à condition seulement que le tirant d'eau ne dépasse pas 5,20 *m*. Il est divisé en huit caissons ; l'épuisement se fait au moyen de quatre machines à vapeur faisant ensemble 69 *chx* et agissant sur quatre pompes centrifuges.

Le port est en communication avec le chemin de fer par des lignes qui sont établies sur les appontements de Suez, le Handelskade, le quai Nord et un peu du quai Sud du Nieuwe Vaart et le Spoorweg-bassin.

Ces quais et l'Entrepôt-dok sont seuls munis de hangars, de magasins et d'appareils pour la manutention des marchandises.

Le Handelskade et le Binnenhaven possèdent une grue de 80 *t*, une de 30 *t* pouvant ne faire que 15 *t*, et trente-huit autres de différentes forces, ainsi que douze treuils mobiles et quinze cabestans ; tout cet outillage est actionné par l'eau sous pression. Les moteurs sont deux machines compound faisant ensemble 120 *chx;* ils actionnent deux pompes à double effet comprimant 21 *l* à la seconde sous 50 atmosphères de pression. Les pistons plongeurs des accumulateurs ont 0,46 *m* de diamètre et 16,76 *m* de course. Toute l'installation hydraulique a été faite par la maison Armstrong, de Newcastle.

Sur la rive nord du Nieuwe Vaart a été établi un élévateur destiné à embarquer, dans les bateaux de navigation intérieure, les

charbons venus par chemin de fer : il se compose d'une plate-forme à charnière autour d'un axe parallèle au quai et dont l'arrière est soulevé par un piston hydraulique. Les wagons ainsi inclinés se déchargent en bout; ils sont amenés ou éloignés par des cabestans mus par l'eau sous pression. En plus de cet élévateur, il y a plusieurs grues mobiles pour le transbordement des marchandises.

Le Spoorweg-bassin est muni de plusieurs grues mobiles à vapeur.

Le port maritime possède en somme seize hangars et magasins couvrant une superficie de 25 160 m^2; son outillage se compose de quarante-neuf appareils dont dix-huit mus par la vapeur, vingt-huit par l'eau sous pression et trois à main. En outre une grue flottante et une machine à mâter se trouvent dans le Dijk Gracht.

L'entrepôt est composé de grands magasins de trois à six étages.

Le bassin à pétrole, situé à une certaine distance sur la rive sud du nouveau canal d'Ymuiden, a la forme d'un fer à cheval : sa surface est de 15 *ha*, il a 8,20 *m* de profondeur sous AP. Il communique avec l'Y par deux pertuis de 30 *m* de largeur fermés par des flotteurs en tôle glissant le long d'axes verticaux en fer forgé, et qu'on manœuvre à la main par des treuils et chaînes pour l'ouverture et la fermeture.

Le rafraîchissement de l'eau dans les canaux d'Amsterdam ne peut plus se faire, comme dans le temps, par le jeu des écluses de la Bourse et de l'Amstel, parce que le barrage de Schellingwoude a supprimé le jeu des marées.

Pour atteindre le même résultat, on abaisse toutes les nuits le plan d'eau des canaux de 0,20 *m*, en ouvrant les écluses du canal de décharge Loozings-Kanaal ou en mettant en œuvre des machines d'épuisement établies à Zeeburg, qui déversent dans le Zuiderzée l'eau des canaux quand les niveaux ne permettent pas le libre écoulement par l'écluse. Le remplissage ou la rentrée des eaux se fait ensuite par l'écluse de la ville établie à l'extrémité est du Nieuwe Vaart.

Le bateau après la promenade que nous avons dû faire rapidement dans le port, nous a fait passer sous le pont-tournant du Dock de l'Est, et après avoir traversé ce grand bassin, nous avons pris le canal de l'Y, Ygracht, où se trouve l'École de la Marine, dans la grande cour de laquelle on voit les mousses grimper dans les cordages d'un faux brick planté en terre : ils font leur apprentissage et se préparent à devenir officiers de cette marine marchande qui

a porté si haut et si loin la réputation commerciale d'Amsterdam.

Quelques minutes après, nous abordions par l'extrémité est du Heeren Gracht, tout près des entrepôts, à quelques pas du Jardin zoologique.

Jardin zoologique. — Il était sept heures du soir quand nous sommes arrivés à cette magnifique propriété de la Société « Natura Artis Magistra », qui est certainement l'établissement d'histoire naturelle le plus curieux et le plus célèbre de l'Europe. C'est d'abord un parc merveilleusement dessiné, bien vallonné, parsemé de massifs d'arbres exotiques, et de corbeilles de fleurs les plus rares. Une jolie rivière sert aux ébats de pélicans, d'ibis, de canards de la Caroline du Sud. Les allées sont garnies d'une double rangée de perchoirs sur lesquels se balancent les aras, les cacatoès aux couleurs éblouissantes. Il y a le palais des éléphants, des rhinocéros ; dans un beau chalet, précédé d'un immense bassin, se trouvent les hippopotames, mâle et femelle ; les ours sont ici enfermés dans des cages de fer, car à 1 *m* du sol on trouve l'eau, et si on leur creusait une fosse étanche il y aurait à redouter sur eux les effets funestes de l'humidité.

Je ne vous promènerai pas à travers tous les détours de cet énorme labyrinthe pour vous y montrer la collection la plus complète qu'on puisse voir de toute la flore et de toute la faune de l'Extrême-Orient.

Les portes du palais des fauves étaient déjà fermées ; elles se sont rouvertes pour nous. Quelle imposante et curieuse réunion de lions, de tigres, de jaguars, de panthères, etc.; toute la faune spéciale des îles de la Sonde, de Java, de Bornéo et des diverses colonies hollandaises compose cette brillante ménagerie unique au monde. On nous y a donné le spectacle d'une pâture supplémentaire distribuée à ces bêtes féroces, et le gardien, habile en la matière, a su, en notre intention, leur faire exécuter des cabrioles et prendre des poses variées, spectacle terminé par un concert de rugissements qui n'était certainement pas très harmonieux, mais qui ne manquait pas de causer une étrange et saisissante impression.

Nous nous sommes ensuite réunis, dans le grand salon du restaurant du Jardin zoologique, en un dîner non officiel à la fin duquel des toasts pleins de cordialité et tout d'improvisation ont été portés par MM. Polonceau, Tellegen, Tideman, Teding van Berkhout et Conrad. Puis ont alors eu lieu les véritables adieux, échanges

prolongés de témoignages réciproques de sympathie, remercîments enthousiastes de notre part pour toutes les prévenances et attentions dont nous avions été comblés et pour le généreux dévouement dont, à l'exemple de leur président Conrad, chacun de nos hôtes avait fait preuve en sacrifiant pendant trois pleines journées, devoirs de famille, relations et occupations, pour se consacrer entièrement à nous.

Nous avons été reprendre à la gare Rhénane, voisine du Jardin zoologique, notre train spécial; et la ligne des chemins de fer de l'État nous a ramenés à La Haye fort avant dans la nuit.

V

Retour à Paris. — Le jeudi 8 septembre, nous retrouvions sur le quai de la gare des chemins de fer hollandais M. le président Conrad et plusieurs autres membres de l'Institut royal qui n'avaient pris que quelques heures de repos pour pouvoir encore, malgré l'heure matinale, venir nous serrer la main au moment de notre départ.

Plusieurs de nos compagnons, qui avaient la bonne chance de pouvoir prolonger leur séjour en Hollande, sont restés pour mettre à profit les cartes qui nous avaient été remises à notre arrivée et qui leur permettaient la libre circulation, sur toutes les lignes des Pays-Bas, jusqu'au 15 septembre.

Notre train spécial a quitté La Haye à 8 h. 35 et nous a conduits jusqu'à Rosendaël, où nous avons repris les voitures de la Compagnie du Nord seulement jusqu'à Bruxelles. Là nous avons encore été favorisés d'une très délicate attention de la part de la Compagnie internationale des Wagons-Lits, qui ne s'est pas contentée de nous servir un très beau déjeuner avec les mêmes avantages qu'à notre départ de Paris : elle avait fait atteler au train, à notre intention, ses plus somptueux wagons-salons, ceux qui précisément avaient figuré, comme modèles, à l'Exposition de 1889, et dans lesquels, grâce à leur coquet et confortable mobilier, nous avons terminé notre voyage jusqu'à Paris de la façon la plus commode et la plus agréable.

Au déjeuner, notre aimable Président, M. Polonceau, nous a gracieusement et généreusement offert le champagne et les cigares; nous avons bu à sa bonne santé et lui avons adressé nos remercîments et l'expression de notre bien sincère reconnais-

sance : car le dévoûment, le zèle et le talent dont il n'a cessé de faire preuve pendant toute la durée de notre excursion, n'ont pu qu'ajouter au renom et au prestige que notre Société a su conquérir dans l'esprit de nos confrères néerlandais.

A notre arrivée à Paris, à 6 heures du soir, les deux télégrammes suivants ont été envoyés à M. le Président Conrad et à M. Salomons, sous la signature de M. Polonceau, Président, et de MM. Lippmann et Salomon, membres de votre Comité :

« CONRAD, PRÉSIDENT INSTITUT ROYAL NÉERLANDAIS, LA HAYE.

» INGÉNIEURS CIVILS, DE RETOUR A PARIS, VOUS ADRESSENT LEURS TÉMOIGNAGES DE SYMPATHIE ET CHALEUREUX REMERCIEMENTS POUR VOTRE BRILLANTE ET CORDIALE RÉCEPTION.

» SALOMONS, DIRECTEUR GAZ, AMSTERDAM.

» INGÉNIEURS CIVILS RENTRANT A PARIS VOUS ADRESSENT LEUR SOUVENIR ET REMERCIENT DE VOTRE AIMABLE ACCUEIL. »

Ensuite, à la date du 7 septembre, notre Président, M. Polonceau, a adressé la lettre suivante à M. le Président Conrad :

« Monsieur le Président et cher Collègue,

» Sans attendre la fin de nos vacances, je tiens, tant au nom » de la Société qu'au mien, à vous exprimer les sentiments de » profonde estime et de sympathie que tous ceux de nos collègues » qui ont eu l'honneur d'être reçus par l'Institut Royal des Ingé- » nieurs Néerlandais et son Président, ont remportés de leur » séjour dans votre pays.

» A plusieurs reprises déjà, nos Sociétés avaient eu l'occasion » de se trouver réunies.

» La réception si belle et si cordiale que vous et vos collègues » nous avez faite est venue encore resserrer les liens qui nous » unissaient.

» Je me réserve, dès notre séance de rentrée, de communiquer » aux membres de notre Société un compte rendu sommaire de » cette réception et des travaux si intéressants que vous nous » avez fait voir, sans préjudice du rapport que M. Edouard Lipp- » mann doit nous faire ultérieurement.

» Veuillez, en attendant, Monsieur le Président et cher Collègue, » accepter et transmettre à M. C. Lély et aux membres de l'Ins- » titut Royal des Ingénieurs Néerlandais, nos remercîments les

» plus vifs et les plus sincères, et l'expression de mes sentiments
» de haute considération.

» Signé :

» *Le Président*,

» ERNEST POLONCEAU. »

Peu de jours après, M. le Président Conrad reçut la lettre suivante de notre ministre plénipotentiaire à La Haye :

« Monsieur le Président,

« L'Institut Royal des Ingénieurs, réuni à l'hôtel du Vieux-
» Dœlen avec divers membres de la Société des Ingénieurs civils
» de France, a bien voulu adresser, par vos soins, un télégramme
» à M. le Président de la République, pour lui présenter l'hom-
» mage de son respect.

» Monsieur le Président, très sensible à cette démonstration, me
» prie de transmettre, à vous et à vos confrères, ses plus vifs
» remerciements.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, les assurances de ma
» considération très distinguée.

» Signé : L. LEGRAND. »

Enfin, comme vous le savez, à notre séance de réouverture du 3 octobre, le télégramme suivant a été envoyé d'ici à l'Institut des Ingénieurs Néerlandais :

« A LA SUITE DE L'EXPOSÉ DU VOYAGE EN HOLLANDE DES MEMBRES
» DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS PAR LE PRÉSIDENT POLONCEAU,
» LA SOCIÉTÉ, TENANT SA PREMIÈRE SÉANCE DE RENTRÉE, DÉCIDE A
» L'UNANIMITÉ D'ENVOYER SES SINCÈRES ET CORDIAUX REMERCIEMENTS
» A L'INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS ET SPÉCIALEMENT A
» SON PRÉSIDENT, M. CONRAD.

» SIGNÉ : E. POLONCEAU. »

Ainsi se termine, Messieurs, le compte rendu que j'avais à faire de notre utile et agréable voyage, au retour duquel, à notre arrivée à Paris, nous éprouvions tous ce double et bizarre sentiment : nous avons été pendant tout le temps tellement absorbés par l'intérêt qui s'attachait à tout ce que nous voyions, que ces cinq journées nous paraissaient n'avoir duré que quelques heures ; et nous avions visité, admiré, étudié tant de choses qu'il nous semblait avoir été absents de Paris depuis plusieurs semaines.

Aujourd'hui, en finissant ce rapport, je suis, à mon tour et personnellement, sous l'impression de deux sensations différentes : je suis confus d'avoir absorbé votre attention pendant aussi longtemps et dans un aussi grand nombre de séances successives ; et, d'un autre côté, après en avoir tant dit, j'ai en quelque sorte le remords de ne pas avoir tout dit.

J'ai bien énuméré à peu près tout ce qui avait passé sous nos yeux, et détaillé une partie de tout ce qui avait fait l'objet de nos remarques, ou des nombreux documents que j'ai reçus de nos obligeants collègues des Pays-Bas ; mais que de choses intéressantes il m'a fallu laisser de côté pour ne pas abuser de la bienveillance de mon complaisant auditoire !

C'est ainsi que je ne me suis nullement étendu sur les procédés d'exécution des grands travaux dont M. Repelaër van Driel nous a succinctement parlé au commencement de sa remarquable conférence, pour la création de la nouvelle voie fluviale reliant Rotterdam à la mer du Nord ; c'est ainsi qu'en vous décrivant les deux ports de Rotterdam et d'Amsterdam je ne vous ai rien donné de ce qui m'avait été envoyé d'intéressant sur les résultats et progrès de la navigation maritime et intérieure, sur les droits de ports, police, statistiques diverses, etc.

Pour les travaux que j'ai décrits et pour ceux projetés, je ne vous ai pas communiqué les détails ni les chiffres que comprennent les nombreux cahiers des charges qui m'ont été prodigués, et dans lesquels il y aurait à puiser de si utiles renseignements.

Je n'ai fait que vous citer le projet en cours d'exécution pour améliorer la communication d'Amsterdam avec la vallée du Rhin, et pourtant j'aurais eu l'occasion de vous causer là d'un canal intérieur et des difficultés qui surgissent, dans ces sortes de travaux, entre les services administratifs de l'État et ceux des exploitations particulières des polders, dont les règlements et droits sont bouleversés par le passage d'une telle voie d'intérêt général.

A propos des polders, n'aurais-je pas dû insister plus que je ne l'ai fait, sur ce qu'il a fallu et ce qu'il faut de volonté puissante, d'audace et de persévérance pour accomplir de pareilles œuvres !

On a dit que les Hollandais avaient « bâti la Hollande », c'est vrai ! mais on doit dire aussi qu'ils l'ont reconquise, car souvent ces polders, si péniblement créés, ont été retransformés en lacs par les inondations ; les digues si habilement et si laborieusement construites n'ont pu résister à la violence de tempêtes extraordinaires.

L'océan est tour à tour le protecteur et l'ennemi du pays, *Protector et hostis*, comme le dit une ancienne médaille zélandaise : il le défend en submergeant l'ennemi assiégeant; il le favorise en facilitant son commerce, en transportant ses navires sur tous les points du globe; il l'aide, en apportant sur ses rivages des alluvions fécondes; mais il le menace par ses grosses marées indomptables qui ruinent des contrées tout entières; il le dépouille par ses empiétements sur ses côtes. Ainsi des renseignements précis ont permis de constater que depuis 700 ans, c'est-à-dire depuis le XIII[e] siècle, le sol envahi par la mer, soit par inondations, soit par érosion des côtes a été de plus de 6 000 *km²*, c'est-à-dire près du sixième du territoire total. Mais, je l'ai dit, le Hollandais ne se laisse pas vaincre, il lutte et ne s'arrêtera pas tant qu'il n'aura pas reconquis et au delà ce que la mer lui a ravi.

Grâce au réseau des levées qui divisent en figures géométriques tous les terrains remis en culture, on a pu évaluer mathématiquement la superficie de ceux-ci depuis le XVI[e] siècle. Elle ne s'élève pas à moins de 420 000 *ha*, et si on admet le prix bas de 1 500 *f* par hectare, on voit que le pays s'est enrichi d'un demi-milliard en terres productives.

Mais une nouvelle entreprise se prépare; le projet grandiose mis en avant depuis 1849 par l'ingénieur Van Diggelen est maintenant en faveur : il ne s'agit pas moins que d'opérer le desséchement complet du Zuiderzée, et, d'un seul coup, la Hollande va ainsi augmenter d'environ un tiers la superficie de son territoire.

En vous signalant les immenses prairies que nous avons traversées et ces milliers de vaches hollandaises qui animent si agréablement ces paysages sans horizon, j'aurais dû, non pas vous apprendre que le lait et ses produits sont, vous le savez, une des branches importantes du commerce des Pays-Bas, mais vous dépeindre au moins succinctement les établissements créés pour ce genre d'industrie locale, ces fermes magnifiques, munies de l'outillage le plus nouveau et le plus perfectionné : je vous donnerai une idée de l'importance de ces exploitations en vous citant une seule ferme sise à Polowna, dans le Noord-Holland, et dans laquelle on traite par jour 100 000 *l* de lait en été et 60 000 *l* en hiver, pour produire journellement de 4 200 à 7 000 fromages suivant la saison. Pour alimenter cette fromagerie, il ne faut pas moins de 6 000 vaches en été et 12 000 en hiver.

D'autres questions qu'il m'aurait plu de traiter encore, ce sont celles relatives aux alimentations hydrauliques des grandes villes

que nous avons visitées. J'ai donné quelques courtes lignes sur les usines et la distribution de Rotterdam qui peut emmagasiner, au jusant, pendant quelques heures seulement, l'eau douce du grand fleuve qui fait sa prospérité. Mais cette ville fait exception à la règle générale; car, chose étonnante, dans ce pays qui est tout entier dans et sur l'eau, c'est cet aliment qu'il est le plus difficile d'obtenir : La Haye et Amsterdam, et tant d'autres villes, vont à grands frais chercher le précieux liquide dans les eaux pluviales qui s'amassent dans les sables des dunes. Mais Amsterdam particulièrement est fort mal alimentée, et comme l'insalubrité de la ville (1) tient particulièrement à la parcimonie avec laquelle on distribue l'eau potable aux habitants, il s'est fait à ce sujet une étude des plus intéressantes, il existe un volumineux projet que j'ai entre les mains et dont je pourrai peut-être rendre compte un jour ici, quand j'en aurai pu faire faire une bonne traduction.

Et les chemins de fer ! Ne devait-il pas rentrer dans le cadre de ce compte rendu de traiter avec quelques détails leurs conditions d'exploitation, leurs modes de construction, leur prix de revient par kilomètre, leurs produits, etc.? Mais en attendant qu'une parole plus autorisée que la mienne ait l'occasion de s'occuper ici de cette question, pour ne pas la laisser aujourd'hui dans le silence de l'oubli, je me contenterai de vous en faire le semblant d'historique que voici :

Les Hollandais avaient de faciles et économiques moyens de communication par leurs réseaux de canaux et de fleuves sur lesquels les voyageurs étaient transportés par des barques appelées *trekshuiten* et traînées par des chevaux qui se hasardaient rarement à prendre le trot. Habitués à ce paisible mais lent véhicule, ils n'ont pas du tout été pressés de construire des chemins de fer. En 1838, les États-Généraux repoussèrent par 46 voix contre 2 la concession de la ligne d'Amsterdam à Arnhem, et la première qui fut construite, et simplement à titre de curiosité, la petite ligne de banlieue d'Amsterdam à Haarlem n'a été inaugurée qu'en 1839; en 1860, le réseau ne comprenait encore que 500 *km* de voie ferrée. Mais à partir de là le gouvernement des Pays-Bas n'a pas cru devoir rester plus longtemps en arrière de tous les États riches et commerçants, et il a décidé non seulement l'établissement de toutes les lignes qui rayonnent actuellement sur plus de 2 800 *km* dans toutes les parties du royaume, mais aussi la construction de tous

(1) La mortalité moyenne à Amsterdam dépasse 34 pour 1 000.

ces magnifiques et hardis travaux d'art dont nous avons été appelés à admirer les principaux spécimens.

Mais je suis bien forcé de m'arrêter, car j'irais encore loin, rien qu'en énumérant ce que j'aurais encore pu et dû vous raconter de ce merveilleux pays, dans lequel positivement les choses se passent tout à fait autrement qu'ailleurs, dans ce pays où il n'y a pas de forêts et qui fait plus que tous autres, pour ses pilotis en particulier, une consommation de bois telle que des forêts entières de la Norwège ne s'exploitent que pour pourvoir à ses besoins; il n'a pas de pierres! les carrières de calcaire de Belgique et de granit de Suède lui font continuellement des expéditions par bateaux à chargement complet, pour ses grandes constructions d'édifices, ses murs de quais, ses môles d'écluses, ses enrochements de digues, etc. Dans les autres pays on fait de grands travaux pour amener aux prairies l'eau nécessaire à leur irrigation; ici on fait des installations et des entreprises très coûteuses et permanentes pour débarrasser les terres cultivables de leur excès d'humidité. Ailleurs, la construction des lignes de chemins de fer oblige à faire des trouées à travers des montagnes; en Hollande, au contraire, comme à Schiedam, Amsterdam, etc., pour l'établissement de la voie ferrée, des gares, etc., il faut enfouir de véritables montagnes dans des trous. Il n'est pas jusqu'aux rivières qui, pour ne pas ressembler à celles des autres pays, s'utilisent parfois comme l'Yssel de Rotterdam, en donnant à son cours tantôt un sens, tantôt un autre tout à fait opposé au premier.

Aussi quel vaste et magnifique champ d'études et d'observations! La Hollande est un petit État, mais les Néerlandais sont un grand peuple; et nous devons être fiers, messieurs, d'avoir eu, dans la brillante et cordiale réception qui nous a été faite, la preuve que ces habiles Ingénieurs qui sont l'élite de la nation et font la fortune de leur pays, ont en très hautes estime et sympathie les membres de la Société des Ingénieurs civils de France.

CHRONIQUE

N° 145.

Sommaire. — La circulation dans la Cité, à Londres. — La fin du *Great-Eastern*. — Prévention de la fumée dans les tunnels. — Machines auxiliaires des navires de guerre.

La circulation dans la Cité, à Londres. — Le recensement fait l'année dernière a donné une preuve manifeste de l'énorme circulation qui se produit dans la Cité, la partie essentiellement commerciale de Londres. La population permanente, c'est-à-dire celle qui habite la Cité, ne s'élève, d'après le recensement, qu'à 37 634 personnes, tandis que la population qui la fréquente journellement a été trouvée, par le recensement de la journée du 4 mai 1891, de 301 384 personnes, savoir: 29 520 patrons ou chefs de maison, 202 213 employés masculins, 50 116 employés féminins et 19 235 enfants de moins de quinze ans.

Le nombre des personnes entrées dans la Cité à pied ou en voiture, le 4 mai, a été de 1 186 994, dont 1 100 636 de jour, c'est-à-dire entre 5 heures du matin et 9 heures du soir, et 85 358 de nuit, soit entre 9 heures du soir et 5 heures du matin. Le nombre total de véhicules a été de 92 372, dont 85 826 pour le jour et 6546 seulement pour la nuit. Ce total se composait de 18 020 cabs, 10 389 omnibus, 42 366 autres véhicules à 4 roues et 21 597 autres véhicules à 2 roues.

De 5 à 9 heures du matin, il est entré 14 094 personnes, de6 à 7, 27 289 et de 7 à 8, 57 219. A ce moment, il se produit un bond et le nombre saute, de 8 à 9, à 132 835, puis baisse un peu, de 9 à 10, à 124 942. A partir de ce moment jusqu'à 8 heures du soir, le nombre reste à peu près constant entre 60 000 et 80 000 à l'heure. Il baisse naturellement à partir de là et reste toujours inférieur à 3 000 à l'heure; entre 2 et 3 heures, on n'a compté que 656 personnes.

La circulation des voitures passe par des phases analogues. De 5 à 9 heures du matin, elle va de 1 000 à 5 000 à l'heure; de là, elle reste à peu près constante jusqu'à 6 heures du soir, sauf entre 10 et 11 heures où elle s'élève à 7 860, et de 1 à 2 heures où elle descend à 5 603.

De toutes les voies qui aboutissent à la Cité, c'est le pont de Londres qui est de beaucoup la plus fréquentée. Il y passe par vingt-quatre heures 107 421 personnes et 14 367 voitures se dirigeant vers la Cité. Holborn Bars vient après, avec 82 367 personnes et 9 069 véhicules. Temple Bar donne 81 672 personnes et 6 172 voitures. Quant aux stations de chemin de fer qui donnent accès dans la Cité, Liverpool Street vient en tête avec 52 413 personnes, et Broad Street après avec 43 917. En dix ans, entre 1881 et 1891, le nombre des personnes entrant journellement dans la Cité a augmenté de 388 531, et celui des voitures de 20 479.

Le nombre des personnes arrivant par les diverses stations de chemin de fer, dans les 24 heures, a été trouvé, en 1891, de 266 415 contre

176 009, en 1881. Il y a en 1891 six stations de plus qu'en 1881, savoir: le chemin de fer électrique à King William Street, la station de Saint-Paul du London, Chatham and Dover, les stations de Cannon Street, du Monument et de Mark Lane de l'extension vers la Cité du District et la station d'Aldgate du Métropolitain. La station de Saint-Paul a absorbé une grande partie du trafic de celle de Ludgate Hill, et si on veut tenir compte des chiffres du London, Chatham and Dover, il est préférable de prendre le total des quatre stations Snow Hill, Holborn Viaduct, Ludgate Hill et Saint-Paul. Le trafic total de ces quatre stations est de 32 000 voyageurs en 1891 contre 28 000 en 1881, et le chiffre de Ludgate Hill a diminué de 2 000 voyageurs dont la plupart descendent à Saint-Paul à leur plus grand avantage et à celui de la Compagnie.

De même, les arrivées à la station de Mansion House du District ont diminué de près de 5 000 par jour, mais celles de Cannon Street, du Monument et de Mark Lane comptent maintenant près de 12 000 par jour dont une partie était précédemment à Mansion House, avant l'achèvement du circuit intérieur.

Il est plus facile de faire apprécier l'énorme développement qu'a prise de 1881 à 1891 la circulation par les chemins de fer qui aboutissent à la Cité par un tableau que nous donnons plus bas. Pour abréger ce tableau, on a groupé ensemble, sous une même rubrique, les stations du District d'une part, et celles d'Aldgate, Bishopsgate et Moorgate du Métropolitain. On voit par ce tableau que la station de Liverpool Street tient la tête avec 52 000 voyageurs par 24 heures, Broad Street venant après avec 41 000, le groupe des quatre stations du London, Chatham and Dover avec 32 000, et Cannon Street et Fenchurch Street en quatrième *ex æquo* avec 27 000 chacune.

Tous les chiffres donnés jusqu'ici ne sont relatifs qu'aux arrivées; le retour s'effectue en beaucoup plus grande proportion par les chemins de fer pour beaucoup de raisons, dont l'heure avancée est sans doute la principale.

STATIONS	JOUR (16 HEURES)		NUIT (8 HEURES)		24 HEURES	
	1891	1881	1891	1881	1891	1881
Broad street (N. L.)	42 215	29 506	1 782	938	43 913	30 444
Cannon street (S.)	26 524	20 472	727	655	27 252	21 126
Fenchurch street (L. T. et S. E.)	26 729	15 242	510	441	27 269	15 683
Ludgate Hill (L. C. D.)	15 772	18 390	961	566	16 733	18 956
Snow Hill (L. C. D.)	2 808	2 532	164	84	2 972	2 616
Saint Paul (L. C. D.)	7 244	»	61	»	7 305	»
Holborn Viaduct (L. C. D.)	3 686	2 777	1 026	75	4 706	2 852
Electric Railway	3 936	»	1 853	»	5 789	»
Liverpool street (G. E.)	49 826	32 324	2 587	1 566	52 413	33 890
Metrop. District	25 836	17 069	801	1 246	26 637	18 315
Metropolitain	47 722	29 718	3 700	2 409	51 422	32 127

On peut se faire une idée de l'énorme quantité de personnes qui entrent journellement dans la Cité, d'après les constatations précédentes, par ce fait que si on devait les transporter toutes par chemin de fer, il faudrait 1 977 trains de 600 voyageurs. Si tous ces trains devaient partir de la même station et qu'il n'y eût aucune interruption entre eux, de sorte que la machine d'un train touchât le fourgon de queue du train précédent, la longueur totale de ces trains atteindrait environ 300 *km*. Si on prend le total des personnes entrées dans la Cité le 4 mai dernier, et si on suppose un nombre égal en étant sorti, on trouverait ce résultat assurément curieux que, si tout ce monde devait être transporté par chemin de fer de la manière indiquée tout à l'heure, le premier train de 600 voyageurs supposé partir d'Euston station, aurait pu aller à Liverpool (distance 324 *km*) et revenir à Euston et y trouver encore 214 000 personnes à partir.

La fin du « Great Eastern ». — Les journaux anglais ont consacré de nombreux articles à la fin du *Great Eastern*, construction assurément fort remarquable et qui avait sur certains points devancé son époque, circonstance qui explique suffisamment la destinée assez malheureuse de cet énorme navire que sont encore bien loin d'égaler comme dimension les plus grands paquebots à flot aujourd'hui.

Le *Great Eastern* fut construit de 1853 à 1859, à Milwall, près Londres, par M. Scott Russell, sur les plans d'Isambard Brunel. Sa conception était basée sur la difficulté de renouveler le charbon dans les longues traversées d'Angleterre aux Indes Orientales par le Cap, et le navire devait pouvoir emporter assez de combustible pour faire le voyage aller et retour avec son approvisionnement initial.

La coque avait 207 *m* de longueur, 25,30 *m* de largeur et 34,30 *m* en dehors des tambours et 17,70 *m* de creux. Le tonnage (gross) était de 18 915 *tx* et la force motrice agissant à la fois sur une paire de roues et sur une hélice était estimée à 3 000 *chx* nominaux.

Une première tentative de mise à l'eau avait eu lieu le 3 novembre 1857 mais infructueusement, et ce ne fut qu'après trois mois d'efforts, en janvier 1858, que ce navire géant put flotter dans la Tamise et s'apprêter à commencer une carrière qui, semée d'accidents, de procès et d'embarras financiers, fut bien loin d'être brillante et qui vient de s'achever au bout d'une trentaine d'années sous le marteau des démolisseurs.

La coque était entièrement en fer de Lowmoor; il était entré dans sa construction 10 000 *t* de fer et tôles et 3 millions de rivets. De la quille à six pieds au-dessus de la flottaison comptée à 28 pieds, c'est-à-dire sur 10,40 *m* et sur toute la longueur de l'avant à l'arrière, la coque était double avec un intervalle de 0,85 *m* entre les deux parois. Au-dessus de ce niveau, la coque extérieure se continuait seule sur une hauteur de 7,20 *m* où elle se reliait à un pont cellulaire établi à 9 *m* au-dessus de la flottaison. Les deux coques étaient réunies par 35 carlingues longitudinales écartées de 0,90 *m* dans les fonds et de 1,20 *m* dans les côtes. Les espaces ainsi formés pouvaient recevoir de l'eau formant *water ballast*. L'intérieur du navire était divisé en onze compartiments par des cloisons étanches transversales et il y avait de plus deux cloisons longitudinales

s'étendant sur toute la longueur à 10,80 *m* l'une de l'autre. L'espace compris entre ces cloisons et les côtés de la coque était destiné à recevoir les 12 000 *t* de charbon nécessaires pour un voyage aux Indes et retour.

Il y avait un moteur pour les roues et un pour l'hélice. Le moteur à roues construit par J. Scott Russell se composait de quatre cylindres oscillants disposés en deux groupes parallèles dans lesquels les deux cylindres, placés inclinés à 60° l'un vis-à-vis de l'autre, actionnaient la même manivelle de l'arbre. Ces cylindres avaient 1,88 *m* de diamètre et 4,27 *m* de course; chacun pesait fini 28 *t*. Les roues à aubes fixes avaient 17,50 *m* de diamètre. La machine à hélice, construite par J. Watt et Cie, était à quatre cylindres horizontaux de 2,13 *m* de diamètre et 1,22 *m* de course, dont chacun pesait 39 *t*. L'hélice unique était à quatre ailes, elle avait 7,20 *m* de diamètre; son arbre de 45 *m* de longueur pesait 60 *t*.

La pression de marche était de 1,75 *kg* et la vitesse présumée devait atteindre 15 nœuds. Les nombres de tours prévus étaient de 14 et 53 par minute, mais ils n'ont guère dépassé 10 à 11 pour les roues et 38 à 40 pour l'hélice. Les machines étaient, il faut bien le dire, bien au-dessous de la coque, comme conception et comme exécution.

Le navire était disposé pour recevoir 4 000 passagers, dont 800 de première classe, 2 000 de seconde et 1 200 de troisième, un équipage de 400 hommes, 5 000 *tx* de chargement et 12 000 de charbon. Disposé comme transport de troupes, il pouvait recevoir 10 000 hommes. Le déplacement en pleine charge atteignait 27 000 *t*, chiffre qui n'a encore été approché que de très loin par les plus gros navires construits depuis. On peut estimer que le *Great Eastern* a coûté une somme totale de 18 750 000 *f*.

Le premier essai, fait en septembre 1859, dans la Manche, fut signalé par un accident très grave. Les cheminées de l'avant (celles des machines à roues) étaient entourées d'une enveloppe dans laquelle passait l'eau d'alimentation, dans le double but de réchauffer cette eau et de préserver de la chaleur les installations voisines. L'enveloppe de l'une de ces cheminées donna lieu à une terrible explosion qui fit plusieurs victimes et inaugura la série des procès qui rendirent le *Great Eastern* encore plus fameux dans le monde judiciaire que dans le monde maritime.

En octobre 1859, le *Great Eastern* fut amené à Liverpool, où il fut exposé à la curiosité des visiteurs et, en juin 1860, il fit son premier voyage en Amérique : 42 passagers seulement s'étaient confiés au géant des mers. La traversée d'aller fut effectuée à une vitesse moyenne de 12,2 nœuds avec une consommation de combustible de 2 876 *t* pour 3 442 milles marins. Au retour la vitesse fut en moyenne de 14 nœuds et la consommation fut réduite à 2 744 *t*. Bien que le navire eût reçu beaucoup de visiteurs payants pendant son séjour à New-York, le voyage fut une mauvaise affaire au point de vue financier.

Le second voyage eut lieu en 1861 ; le navire partit de Milford Haven le 1er mai avec 100 passagers et revint avec 212 et un fort chargement. Il fit ensuite un voyage au Canada où il transporta 3 000 hommes de troupes et un troisième voyage à New-York au mois de septembre de la même année. C'est dans ce voyage que, à 300 milles du cap Clear, il fut

assailli par une tempête terrible qui mit les deux roues à aubes et le gouvernail hors de service. On put heureusement, après beaucoup de temps pendant lequel le navire fut soumis à un roulis terrible et après des efforts surhumains, installer un gouvernail de fortune avec lequel le *Great Eastern* put retourner à Queenstown.

On trouvera dans les Bulletins de 1861 de notre Société des détails sur cette épreuve d'où le grand navire sortit à son honneur et qui démontra la parfaite solidité de sa coque et de ses machines.

Plusieurs autres voyages furent effectués entre Liverpool et New-York en 1862 et 1863. En 1864 le navire fut affrété pour la pose du câble transatlantique et il partit le 15 juin 1865 pour effectuer cette opération. Il fut uniquement employé à la pose des câbles jusqu'en 1874, année qui vit se terminer sa carrière active. Il resta dès lors amarré à Milford Haven, servit en 1886 à Liverpool à une exposition flottante et, après avoir passé en diverses mains, fut condamné à la démolition en 1888. Ses derniers propriétaires en retirèrent une somme de 1 500 000 *f* environ.

Prévention de la fumée dans les tunnels. — On vient de faire l'essai d'une disposition imaginée par M. Anderson, de Leeds, pour prévenir l'émission de la fumée des locomotives dans les tunnels. Cet essai a été fait sur une voie d'expérience de 800 *m* de longueur, à Nearden, sur le chemin de fer Métropolitain de Londres. La question est de première importance et la disposition employée paraît assez simple.

Le principe consiste à mettre, sous les tunnels, la boîte à fumée de la locomotive en communication avec un conduit fixe relié à un ventilateur aspirant. A cet effet, un conduit rectangulaire en métal est posé sur le sol entre les rails; sur sa paroi supérieure sont disposées, de distance en distance, des ouvertures circulaires fermées par des clapets s'ouvrant de haut en bas. Ce conduit est fermé à une de ses extrémités et communique par l'autre avec un ventilateur aspirant de Root actionné par une petite machine à vapeur.

La locomotive, qui était une des locomotives à voyageurs de la Compagnie, portait en dessous une longue boîte à section rectangulaire ouverte à sa partie inférieure. Cette boîte était rattachée à l'avant par un conduit incliné avec la boîte à fumée. Ce conduit contient une valve et la cheminée ordinaire en contient une autre. Ces deux valves sont reliées ensemble, de manière que l'une soit fermée quand l'autre est ouverte et réciproquement.

Le mouvement s'effectue par une tringle qui arrive à portée du machiniste. Par ce moyen, les gaz de la combustion peuvent, à volonté, être dirigés dans la cheminée ordinaire ou dans la cheminée descendante. La caisse longitudinale placée sous la machine a une longueur un peu supérieure à l'intervalle des orifices munis de clapets du conduit fixe, intervalle qui est de 4,80 *m*, et une pièce fixée à la caisse mobile ouvre chaque clapet à mesure que cette caisse arrive dessus, tandis que le clapet qui vient d'être découvert se referme de lui-même. Grâce à cette disposition, la boîte à fumée de la machine est constamment en communication avec le conduit fixe et avec le ventilateur aspirant.

Ce conduit n'existerait, bien entendu, que dans les tunnels et, partout

ailleurs, la machine évacuerait les gaz de la combustion par sa cheminée supérieure.

Le premier essai a été fait ces jours-ci sur la ligne expérimentale de Nearden. Le conduit fixe a 0,75 *m* de largeur sur 0,15 de hauteur.

La caisse fixée à la machine a la même largeur et les deux bords extérieurs emboitent extérieurement le conduit fixe; à l'avant et à l'arrière, cette caisse se relève légèrement aux extrémités. Il n'y a, pour ainsi dire, pas de frottement entre les deux pièces.

Le ventilateur étant en marche, dès que la locomotive, marchant à une vitesse de 30 *km* à l'heure environ, arrivait sur le conduit fixe, on voyait la fumée sortir, à 800 *m* de distance, par la cheminée du ventilateur. On a constaté que la communication entre les parties fixes et mobiles s'effectuait de la manière la plus satisfaisante, et la preuve en est dans ce fait que le tirage avec la communication s'opérait beaucoup plus énergiquement dans le foyer qu'avec l'échappement extérieur, à ce point qu'on dut ouvrir la porte du foyer de la locomotive. Le vide dans la boite à fumée arrivait à 80 *mm* d'eau, tandis qu'il ne dépassait pas 35 à 40 avec l'échappement extérieur.

On peut estimer qu'à la vitesse de 50 *km* à l'heure, le volume des gaz à enlever serait de 280 m^3 par minute, soit 4 700 *l* par seconde; avec un conduit de 0,75 × 0,15, la vitesse serait de 40 *m* environ par seconde, avec une seule locomotive.

Avec des trains à cinq minutes d'intervalle marchant à une vitesse de 50 *km* à l'heure, il faudrait une longueur de tunnel de plus de 4 *km* pour qu'il y ait à la fois deux locomotives dans le tunnel.

Si cette ingénieuse disposition réussit en pratique, comme tout porte à le croire, on n'aurait plus à se préoccuper de l'émission de la fumée et de la vapeur sous les tunnels et le grand avantage de cet arrangement est qu'il peut s'appliquer aux tunnels existants sans modification dans leur forme et aux locomotives actuelles avec des changements de très peu d'importance. Plusieurs journaux anglais ont donné les dessins de cet appareil, tel qu'il a été expérimenté à Nearden.

Machines auxiliaires des navires de guerre. — Nous avons eu occasion de parler (voir Chronique de janvier 1891, p. 50) des machines auxiliaires des grands appareils marins. Sur les navires de guerre, les engins de ce genre sont encore plus répandus puisque, dans les applications les plus récentes, toutes les manœuvres s'exécutent mécaniquement. Nous trouvons dans un article de M. N. Soliani, sur la distribution de l'énergie dans les navires modernes, paru dans l'*Industria*, une intéressante nomenclature des appareils mécaniques auxiliaires du grand cuirassé italien *Re Umberto*, avec la puissance en chevaux qui correspond à chacun de ces engins.

Voici cette nomenclature :

Désignation des appareils.	Nombre d'appareils.	Puissance en chevaux de chacun.	Puissance en chevaux collective.
Pompes hydrauliques principales	2	160	320
— secondaires	1	80	80
Machines du gouvernail	2	100	200
Cabestan	1	160	160
Guindeaux	2	50	100
Machines dynamos	4	—	100
Compresseurs d'air	2	30	60
Pompes à incendie	2	30	60
— de circulation	4	60	240
— alimentaires principales	4	40	160
— — auxiliaires	6	40	240
— de cale	4	30	120
— d'extraction	2	70	140
Ventilateurs des chaufferies	12	20	240
— d'aération	8	10	80
Treuils	2	25	50
Machines de mise en marche	2	25	50
Pompes des condenseurs auxiliaires	2	20	40
Treuils à escarbilles	6	5	30
Machine motrice de l'atelier	1	10	10
TOTAUX	69		2 480

On voit que cette quantité d'appareils représente une puissance collective considérable, même relativement à la puissance motrice du navire qui atteindra, dit-on, 20 000 *chx* indiqués.

Tous ces appareils ne fonctionnent pas ensemble et à leur puissance maxima; néanmoins il peut se présenter des cas où, dans une action, la plus grande partie pourrait être appelée à entrer en jeu simultanément.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Décembre 1891

Rapport de M. G. Richard, sur les **Albums de dessins industriels,** présentés par M. Courtier.

Le rapporteur signale les travaux remarquables produits par M. Courtier, notamment l'Album des chemins de fer, collection unique et du plus grand intérêt qui contient actuellement plus d'un millier de planches. Nous croyons inutile d'insister sur ce point, tous nos collègues ont pu apprécier le mérite de M. Courtier, ne fût-ce que par les planches de nos bulletins.

Rapport de M. C. Vincent, sur l'**Emploi de l'acide fluorhydrique et des fluorures en distillerie,** par M. le Dr Effront, de Bruxelles.

M. le Dr Effront a été conduit à étudier l'action de l'acide fluorhydrique et des fluorures solubles sur la marche des opérations de distillerie et ces études l'ont conduit à un procédé nouveau de saccharification et de fermentation qui, bien que tout récent, a déjà reçu un grand nombre d'applications.

L'emploi de l'acide fluorhydrique a une action prépondérante sur les ferments nuisibles, lactique et butyrique; de plus, il abaisse considérablement la température de la saccharification des grains par la diastase, de sorte que les procédés que signale M. Vincent, tout en affaiblissant les ferments nuisibles, permettent d'améliorer le rendement en alcool et d'obtenir des produits meilleurs et plus neutres à la rectification. La mise en pratique industrielle a eu lieu en 1889 à la Fère-Champenoise et, depuis lors, plus de 200 distilleries de grains et de pommes de terre, en France, Allemagne, Italie, Espagne, etc., ont adopté ce mode de fabrication. L'augmentation sur le rendement s'élève à 10 0/0 environ et la qualité de l'alcool ainsi que celle des drêches sont améliorées.

État présent de la question des accidents de travail en France, par M. E. Cheysson, inspecteur général des Ponts et Chaussées. *(Suite et fin.)*

Les propriétés des alliages, par M. M.-C. Roberts Austen.

C'est la traduction par M. G. Richard d'un mémoire présenté à l'*Institution of Mechanical Engineers,* en octobre 1891, et relatif à des recher-

ches sur les effets qu'exerce sur les propriétés mécaniques et physiques du fer, du plomb et du cuivre, leur alliage avec de faibles quantités de certains éléments.

La loi périodique de Newland et de Mendeleeff énonce que les propriétés des éléments sont une fonction de leurs poids atomiques. On a déjà démontré que les effets des impuretés ajoutées à l'or sont proportionnels à leurs volumes atomiques et croissent avec ces volumes. Il était intéressant de voir si cette loi pouvait s'appliquer à d'autres métaux.

Les recherches de notre collègue M. Osmond ont déjà jeté une lumière considérable sur cette question en ce qui concerne le fer. On sait qu'il a reconnu l'existence de deux variétés de fer pur, la variété douce désignée par la lettre α et la variété dure β et qu'il a constaté que l'action des impuretés sur le fer ne paraît pas obéir à la loi périodique. Le rôle essentiel des éléments étrangers alliés au fer est de hâter ou de retarder le passage du fer à un état allotropique pendant son refroidissement et de rendre cette transformation plus ou moins complète dans un sens ou dans l'autre, suivant que le volume atomique de l'impureté ajoutée est inférieur ou supérieur à celui du fer.

Les recherches sur la question qui nous occupe par essais mécaniques sont difficiles à réaliser par suite de la presque impossibilité d'obtenir de grandes masses métalliques ne renfermant qu'une proportion donnée d'une seule impureté, mais on peut substituer à cet ordre d'essais un autre plus facile à employer, basé sur des mesures thermiques.

Il faut pour celle-ci disposer d'un pyromètre véritablement sûr. L'auteur a employé le pyromètre thermo-électrique de M. Le Chatelier et s'est assuré de sa commodité et de son exactitude parfaite jusqu'à 1 000°. Après être entré dans des détails circonstanciés sur la graduation et la manipulation de cet appareil il entre dans l'examen de plusieurs résultats obtenus, sur des alliages d'argent et de cuivre, d'or et de plomb, etc., au point de vue du refroidissement et de la solidification de ces alliages et enfin sur le refroidissement d'un lingot d'acier doux dans diverses circonstances, savoir à l'air libre, arrosé d'eau et immergé dans l'eau froide.

Nomographie. Les calculs usuels effectués au moyen des abaques, par M. M. D'OCAGNE, ingénieur des Ponts et Chaussées.

C'est un compte rendu d'une brochure de M. d'Ocagne donnant la théorie de la *nomographie*, c'est-à-dire de l'art de représenter graphiquement, par des constructions planes faites une fois pour toutes, la loi qui unit plusieurs quantités simultanément variables. L'auteur décrit les abaques de Lalanne, les abaques hexagonaux à transparent de M. Lallemand et enfin ceux qui sont fondés sur une méthode qui lui appartient exclusivement.

Essai d'une théorie rationnelle des Sociétés de secours mutuels, par P. DE LAFITTE.

Dans cet ouvrage, l'auteur étudie en détail les divers problèmes qui se rencontrent dans le fonctionnement normal des Sociétés de secours

mutuels et donne pour chacun d'eux, par des méthodes élémentaires, une solution simple et rigoureuse. Il examine les trois genres d'assurances en usage dans les Sociétés : assurances en cas de maladie, assurances en cas de décès, et pensions viagères ; il expose enfin les avantages que peut prêter aux Sociétés de secours mutuels la Caisse nationale des retraites.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES

Novembre 1891.

Expériences nouvelles sur l'écoulement en déversoir *(3e article)*, par M. H. Bazin, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

L'auteur a précédemment déterminé les conditions de l'écoulement sur son déversoir type en mince paroi dans le cas des nappes complètement libres, où l'accès de l'air sous la nappe était assuré par un petit élargissement du canal immédiatement en aval du déversoir. Si cet élargissement n'existe pas et que les parois verticales du canal se continuent sans interruption en aval comme en amont du déversoir, les phénomènes se modifient totalement ; il se produit alors ce que l'auteur appelle les nappes adhérentes, d'où l'air est complètement expulsé. Après avoir étudié en détail ce qui se passe dans ce cas, M. Bazin, qui, dans la partie précédente, avait montré comment l'expérience confirme, dans le cas des nappes libres, les formules théoriques obtenues par M. Boussinesq, effectue la même comparaison pour les nappes adhérentes. Il trouve que les particularités observées sont bien conformes à ces formules, les écarts qu'on observe sur certains points n'étant pas d'importance considérable. D'ailleurs, cette forme de nappes se modifiant avec celle de la crête du déversoir, il n'est pas possible, comme on peut le faire dans le cas bien mieux défini des nappes libres, d'établir des formules générales applicables en toute circonstance, et on ne pourra, dans la pratique, se dispenser de recourir aux expériences spéciales concernant les types les plus communément usités.

Cette note contient de nombreux tableaux indiquant les données fournies par l'observation directe pour les profils des nappes et les mesures des non-pressions sous des nappes adhérentes de déversoirs de diverses hauteurs.

Rapport sur les conditions dans lesquelles s'effectuent les **transports de céréales dans la Russie méridionale**, par M. E. Pontzen, Ingénieur civil.

Cette note très intéressante examine d'abord l'importance des céréales russes pour l'alimentation de nos marchés, dont on jugera par ce fait

que, pour la période 1883 à 1887, l'importation des céréales russes en France a été de 29 0/0 pour le froment, 58 pour l'avoine et 20 pour le maïs ; puis, les magasins et entrepôts de blé au point de vue des transports.

Ces magasins, dits silos, sont employés, comme on sait, depuis longtemps aux États-Unis, où on leur donne le nom d'élévateurs, par suite de la nécessité d'élever les blés à une grande hauteur pour les déverser dans les hautes caisses, dans lesquelles on les conserve. Vient ensuite l'étude des aménagements des ports pour l'exportation des blés, et les conditions qu'ils doivent remplir; puis la partie qui concerne spécialement les transports par chemins de fer, les tarifs, l'ingérence du gouvernement, etc.

La question est assez importante pour que nous jugions utile de reproduire intégralement les conclusions du mémoire.

Les transports de céréales dans la Russie méridionale se font exclusivement par chemins de fer.

Pour améliorer les conditions de ces transports, en particulier pour prévenir l'encombrement au moment des récoltes, époque à laquelle le matériel de transport ne suffit jamais pour répondre à toutes les demandes, la création de magasins dans les stations voisines des centres de production se poursuit. Ces magasins font office de régulateurs de l'écoulement des céréales vers les ports.

L'établissement de silos avec aménagements mécaniques, au lieu des magasins ordinaires, rend de bons services.

Mieux que les magasins ordinaires, les silos permettent de faire, sur les céréales qui y sont déposées, des avances de fonds. Ces avances mettent les agriculteurs à même d'être moins exigeants pour la rapidité de l'expédition de leur récolte.

Les silos établis à proximité des ports présentent sur ceux de l'intérieur du pays des avantages au point de vue de la vente.

Les agences commerciales, organisées par les chemins de fer dans les ports, sont d'une utilité incontestable pour les producteurs et particulièrement pour les petits agriculteurs.

Quant aux transports proprement dits, l'augmentation de la capacité des wagons affectés au transport des blés contribue à rendre le matériel dont on dispose apte à suffire à un trafic plus considérable, et permet d'ajourner ou de réduire les dépenses pour augmentation du matériel roulant.

Les transports en vrac facilitent les opérations de chargement et de déchargement, surtout là où des installations ont été faites en vue de ce genre de transport.

Les tarifs très bas imposés par le gouvernement aux chemins de fer russes, ou en particulier les avantages accordés aux transports à longs parcours, permettent aux céréales d'arriver des points très éloignés aux ports d'exportation sans être grevés de frais de transport beaucoup plus élevés que les céréales de provenances moins éloignées et ayant à supporter des tarifs plus élevés.

Quand même la réduction du bénéfice par unité de transport ne serait pas compensée par l'augmentation du trafic, il paraît hors de doute que

le supplément de charges qui pourrait résulter pour le Trésor, du fait des garanties d'intérêt accordées aux chemins de fer, trouverait une compensation dans les revenus indirects que lui assurera le développement de l'agriculture dans les contrées qui se trouvent souvent trop éloignées des marchés pour avoir pu, sous le régime des tarifs antérieurs, y chercher le débouché de leurs produits.

La note de M. Pontzen se termine par des tableaux relatifs à la capacité des magasins, à l'importance de l'exportation des blés par les différents ports russes, au prix des céréales sur les principaux marchés russes et étrangers, aux frets et primes d'assurance, etc., aux tarifs spéciaux pour céréales; on y trouve également une note sur le fonctionnement de l'agence commerciale des chemins de fer du Sud-Ouest, à Odessa, qui rend de très grands services pour le commerce des céréales.

Construction de grandes écluses à Sault-Sainte-Marie (Amérique du Nord), par M. H. Rousseau, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La rivière Sainte-Marie fait communiquer le lac Supérieur avec le lac Huron ; elle présente des rapides que les bateaux ne peuvent franchir, et on a dû établir un canal de 2 *km* pour tourner cette partie. Nous avons eu occasion de signaler l'énorme trafic de ce canal, trafic qui est supérieur à celui du canal de Suez. Aussi les écluses se trouvent insuffisantes : on a dû faire de nouveaux travaux consistant en un approfondissement du canal et une écluse de dimensions exceptionnelles.

La longueur de cette écluse sera de 244 *m*, la largeur de 30,50 *m* et la hauteur entre le busc et le niveau moyen de l'eau d'amont de 6,40 *m*. Les portes seront en métal, pour avoir moins de poids et se manœuvrer plus facilement.

Chaque vantail pèsera environ 132 *t*.

Les murs, revêtus de granit, doivent être fondés sur le rocher, dont ils seront séparés par une couche de béton ; ils auront 6,10 *m* d'épaisseur à la base et 3,05 *m* au sommet. A l'endroit des portes, les bajoyers auront 11 *m* d'épaisseur. Avec six aqueducs, il faudra 8 minutes pour remplir l'écluse, les autres opérations prenant 28 minutes.

La rivière Sainte-Marie sert de frontière au Canada et aux États-Unis. Le canal dont nous venons de parler est établi sur ce dernier territoire.

Le Canada vient de commencer à son tour la construction d'un canal avec écluse en face des travaux des États-Unis ; ce canal aura 1 *km* de longueur, 45 *m* de largeur et 5,50 *m* de tirant d'eau minimum. L'écluse aura 182 *m* de longueur.

ANNALES DES MINES

5e Livraison de 1891

Mémoire sur le **service du matériel et de la traction des chemins de fer du Sud de l'Autriche** et du réseau autrichien

de la Société Autrichienne-Hongroise Privilégiée des chemins de fer de l'État, par M. Bellom, Ingénieur des Mines.

Cet important mémoire, rempli de documents et de tableaux, et accompagné de cinq planches, se compose de trois parties. La première traite de l'organisation générale du service de la traction sur les chemins du Sud de l'Autriche et sur le réseau de la Société A. H. P. des chemins de fer de l'État, service des locomotives, roulement des mécaniciens et des machines.

La deuxième partie étudie le matériel de traction divisé en deux catégories : lignes principales et lignes secondaires, et passe en revue les divers types de locomotives employés sur les deux subdivisions des deux réseaux. Toutes les parties essentielles des machines y sont passées en revue d'une manière très détaillée, avec indication des prescriptions y relatives des cahiers des charges pour la construction. On trouvera dans cette partie des renseignements sur les essais du système compound, faits par la Société A. H. P. des chemins de fer de l'État, d'abord par la construction, en 1884, d'une machine du système Webb, puis, en 1889, par la transformation en compound, système Mallet, de deux machines à six roues couplées et de deux machines à huit roues couplées.

La troisième partie est relative aux dépenses de traction et comprend la répartition des dépenses de traction entre les diverses lignes et le détail de ces dépenses,

Note sur l'**explosion de grisou du puits Verpilleux.**

Cette explosion, qui a eu lieu le 3 juillet 1887, vers midi, a fait 213 victimes, dont 207 morts et 6 blessés. La cause en doit être attribuée à l'accumulation du grisou en quantité considérable, par suite de la réunion de chantiers à exploitation intensive présentant des galeries en cul-de-sac, avec courant d'air insuffisant ; l'inflammation accidentelle du mélange détonant a été produite par des causes qu'il a été impossible de déterminer. On n'a pu même arriver à une probabilité, toutes les hypothèses ayant dû être écartées. C'est donc à la cause essentielle, la production en masse du grisou, qu'il faut s'attaquer pour éviter le retour de semblables catastrophes.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

District du Centre

Séance du 5 avril 1891.

Communication de M. Caillot sur l'**Anthexímètre** et sur l'emploi de cet appareil à l'essai des câbles d'extraction.

La description de cet appareil a été donnée dans les Mémoires de

notre Société (mars 1891), par l'inventeur lui-même, M. Émile Petit. La présente communication est surtout relative à la description de l'anthexi-mètre de 60 *t* que possède la Société de Commentry-Fourchambault et dont elle se sert depuis plusieurs années pour l'essai de ses câbles d'extraction.

Cet appareil comporte une presse hydraulique dont le piston plongeur exerce l'effort et un système de romaine qui le mesure, ce système comprend lui-même un ressort hydraulique qui est la partie caractéristique et qui consiste en un flotteur mobile dans une bâche pleine d'eau. Dans l'appareil de la Société de Commentry-Fourchambault, le flotteur a 1,78 *m* de diamètre et la cuve 1,99, de sorte que pour 8 *mm* d'émersion, il y a un effort de 100 *kg* sur la tige du flotteur, effort qui, avec un rapport de 10 entre les bras de levier de la romaine devient 1 000 *kg*. Avec 0,48 *m* d'émersion, on réalise donc 60 *t*.

Cet appareil comprend un système d'enregistrement formé d'une planchette mobile dans deux sens, dont l'un correspond aux efforts et l'autre aux allongements; un crayon trace la courbe correspondante sur la planchette. Cette disposition a été modifiée et simplifiée sur les nouveaux appareils.

L'amarrage des câbles à essayer aux tiges de traction est assez difficile; on trouvera dans la note des détails intéressants sur les moyens employés pour arriver à faire cette attache d'une manière convenable, malgré les glissements qui tendent à se produire.

Grâce à cet appareil et à l'amarrage à coins qui a résolu le problème que nous venons de signaler, on fait à Commentry les essais d'une manière courante pour tous les câbles des puits où se fait la descente des ouvriers. Tous les six mois environ, le puits envoie aux ateliers un tronçon de 2,80 *m* de longueur; l'essai du câble demande une heure environ et on arrive ainsi à suivre exactement la marche de l'usure des câbles beaucoup mieux que par une simple appréciation établie ***de visu***.

Séance du 25 *octobre* 1891.

Communication de M. Cordier sur l'**assainissement des ateliers de produits chimiques.**

Il s'agit de dispositions réalisées à l'usine de produits chimiques de Montluçon, où le problème de l'assainissement était particulièrement complexe, parce qu'il ne s'agissait pas seulement de préserver les ouvriers des vapeurs nuisibles, mais qu'il fallait empêcher l'émission à l'extérieur de ces vapeurs, à cause de la proximité de la ville et de l'importance des cultures avoisinantes.

Les produits fabriqués sont de l'acide sulfurique et du superphosphate de chaux. L'acide est obtenu par le grillage de pyrites de fer dans des fours à étage du système Perret; l'acide sulfureux qui en résulte est traité dans des chambres de plomb. Les gaz des chambres sont lavés dans des colonnes à coke et lorsqu'ils ne contiennent plus guère que de l'azote, ils sont envoyés dans la cheminée de 70 *m* de hauteur qui reçoit les fumées des chaudières. Un tirage énergique, assuré aux fours de

grillage, empêche toute émission d'acide sulfureux, même pendant le chargement.

La fabrication des superphosphates, qui est toute récente, consiste à traiter par l'acide sulfurique le phosphate tribasique de chaux naturel insoluble pour l'amener à l'état de phosphate acide de chaux, plus facilement assimilable par les plantes, et à pulvériser le produit obtenu.

Par l'emploi d'appareils mécaniques, on évite l'émission directe des vapeurs infectes qui se produisent par la réaction de l'acide sur le phosphate, mais on ne peut envoyer ces vapeurs dans l'air sans les épurer préalablement. Ces vapeurs sont donc aspirées par des ventilateurs et envoyées dans des condenseurs de 40 *m* de longueur, terminés par des colonnes de lavage entre lesquelles les gaz traversent des foyers où se brûlent certaines matières organiques très odorantes qui échappent à l'action de l'eau.

Enfin, ces gaz sont envoyés dans un égout d'où ils sortent au milieu de l'usine, à la surface du sol, sans produire d'action sensible sur les végétaux du voisinage. L'absence de cheminée permet de contrôler constamment l'odeur des gaz et leur degré de purification.

Réunions de Saint-Étienne

Séance du 5 décembre 1891.

Gazogène Siemens. — M. de Bonneville présente quelques observations en réponse à la note de M. Lencauchez relative à cette question et lue dans la précédente séance.

Communication de M. Mortier sur l'**Exposition d'électricité de Francfort.**

Cette communication est relative à la production et à l'emploi des courants alternatifs polyphasés dont la première application a paru à l'Exposition électrique de Francfort, en 1891, pour la transmission de force de Lauffen à Francfort, sur un parcours de 175 *km*.

Produite à 100 volts, l'électricité était portée au potentiel de 15 000 volts par un premier transformateur et lancée dans une ligne composée de trois conducteurs de 4 *mm* de diamètre. A l'arrivée, un nouveau transformateur abaissait la force électro-motrice à la valeur initiale de 100 volts et, sous cette tension maniable, l'énergie était immédiatement fournie aux lampes et aux moteurs.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de septembre 1891.

Notice sur l'**explosion d'une chaudière Babcock et Wilcox**, par M. Walther-Meunier.

Cette explosion, survenue le 6 août 1890 dans une filature de soie à Lacroix-aux-Mines (Vosges), et qui a causé la mort de trois personnes, est due à la séparation du collecteur de boues du reste de la chaudière; c'était le premier jour que la chaudière était mise en feu, l'épreuve réglementaire à la pression hydraulique avait eu lieu sans incident.

L'accident a été causé par la mauvaise exécution du sertissage par lequel sont tenus les tubes d'assemblage dans les tubulures du collecteur de boues, et par une disposition d'assemblage que l'on doit qualifier de vice de construction.

Cette négligence était d'autant plus grave que la chaudière, alimentant une machine à triple expansion, devait fonctionner à la pression de 16 *kg*.

A la suite de ce grave accident, on fit quelques expériences sur l'adhérence produite par le sertissage; on constata qu'un mandrinage soigneusement exécuté présente une résistance suffisante, mais que ces résultats se rapportant à une main-d'œuvre très soignée, faite en vue d'expériences, ne mettent pas à l'abri d'une malfaçon ou d'une négligence dans la pratique courante. Il est donc nécessaire de perfectionner l'assemblage par rabattage de l'extrémité ou par tout autre moyen assurant la solidarité des pièces en dehors du simple frottement réalisé par le mandrinage.

Rapport sur une note portant comme suscription *Pavia* et visant le prix n° XX du programme : « Médaille d'honneur pour un **moyen pratique d'empêcher la formation d'oxycelluloses dans les enlevages sur bleu indigo** au moyen d'acide chromique », par M. Albert Scheurer.

Étude de l'**affaiblissement du tissu** dans la fabrication blanc enlevage sur bleu indigo cuve, par M. Albert Scheurer.

Moyen d'obvier à la formation de l'oxycellulose dans l'enlevage à l'acide chromique sur bleu indigo, par M. Brandt.

Sur un **procédé spécial de préparation du composé appelé « sulforicinate »**, par M. A. Scheurer-Kestner.

Blanchiment du coton à l'eau oxygénée, par M. Prudhomme.

Propriétés de l'**ammoniure de cuivre**, par M. Prudhomme.

Il s'agit des propriétés oxydantes de l'ammoniure de cuivre qui, considérées au point de vue de la décoloration, surpassent de beaucoup celles de l'eau oxygénée qui n'agit que faiblement sur l'indigo, tandis qu'un échantillon teint en bleu cuvé moyen se décolore complètement en vingt-quatre heures au contact d'ammoniure de cuivre suffisamment étendu pour ne pas produire d'altération sensible du tissu et en quelques minutes à chaud vers 60°.

Le Congrès international des accidents du travail, par M. C. Bodenheimer.

Le second Congrès international des accidents du travail s'est tenu, comme on sait, à Berne, du 21 au 26 septembre 1891. Le premier avait

eu lieu à Paris pendant l'Exposition universelle. Dans celui-ci on avait surtout discuté sur la question de l'existence du risque professionnel, tandis qu'au Congrès de Berne, cette question n'était plus en cause.

La question avait donc fait beaucoup de progrès depuis 1889. Les divergences d'opinion portaient sur la manière dont l'assurance obligatoire serait organisée et sur les limites de l'ingérence de l'Etat. Sans contester que celui-ci ait le droit de faire les lois relatives à l'assurance et d'en contrôler l'exécution, beaucoup de bons esprits sont opposés à son immixtion directe dans l'assurance, ce qui conduit au socialisme d'Etat. Le Congrès, dans ses résolutions, a évité de trancher cette question.

Le prochain Congrès, qui prendra le nom de Congrès des accidents et des assurances sociales, aura lieu au plus tôt dans deux ans et au plus tard dans quatre ans. La date et le lieu de sa réunion doivent être arrêtés par le comité permanent.

Note sur **un nouveau mordant de chrome**, par M. Albert Scheurer.

Bulletin d'octobre-novembre 1891.

Rapport sur **la marche de l'Ecole de chimie** pendant l'année scolaire 1890-1891, présenté par M. Georges Steinbach.

L'école a été fréquentée par 50 élèves contre 48 pendant l'année précédente et le nombre total des élèves qui ont passé par l'école a été de 56. Sur ces 56 élèves, il y avait 20 Alsaciens, ou même 24, si on considère que 4 élèves Français ou Suisses appartenaient à des familles originaires de Mulhouse.

Il n'y avait que 12 Alsaciens l'année précédente.

Rapport sur **la marche de l'École de filature et de tissage mécanique** pendant l'année scolaire 1890-1891, par M. O. Wild, directeur de l'École.

Dans cet exercice, qui est le trentième de l'école fondée en 1861, elle a été fréquentée par 28 élèves, dont 19 en filature et 9 en tissage.

École de dessin de la Société industrielle (concours de l'année scolaire 1890-1891),

École d'art professionnelle de jeunes filles (6e année, 1890-1891). Rapport du comité, par M. Édouard Dollfuss.

Sur la **nitration** de quelques **amines aromatiques**, par MM. E. Noelting et L. Stœcklin.

La ventilation et l'humidification des ateliers (recherches entreprises par le comité de mécanique sur les procédés actuels mis en usage dans la région de Mulhouse). Rapporteur, M. C. Pierron.

Ces procédés sont : le procédé Ten Brinck qui consiste à faire passer l'air à travers des claies arrosées par de l'eau de condensation en hiver, de l'eau froide en été ; un procédé analogue de M. R. Mehl, à Augsbourg, qui remplace les claies par des briques poreuses ; les appareils à pulvériser l'eau des systèmes Kœrting, Treutler et Schwartz, E. Mertz, etc.,

qui présentent entre eux la plus grande ressemblance ; enfin, le procédé mixte inventé par MM. Schmid et Kœchlin, qui consiste à disposer dans les salles mêmes les surfaces mouillées nécessaires à l'humidification et à y faire passer, soit l'air extérieur, soit l'air de la salle. Tous ces procédés peuvent se ramener à trois catégories : 1° les systèmes qui consistent à amener dans la salle de l'air ayant passé sur des surfaces mouillées de grande étendue ; 2° le système mixte où l'on place ces surfaces dans la salle même, et 3° les systèmes d'humidification par pulvérisation d'eau dans la salle.

Tous ces procédés ont été trouvés avoir des avantages et des inconvénients, dont la balance est dans un sens ou dans l'autre selon les cas particuliers d'application. Pour conclure nettement en faveur de telle ou telle classe de procédés, il serait d'ailleurs nécessaire d'être fixé sur un certain nombre de questions concernant l'action de l'eau sur les fibres traitées dans les ateliers et de savoir, par exemple, si c'est l'humidité de l'air seule ou l'eau qu'il renferme à l'état de gouttelettes qui a une influence sur la fabrication.

Nouvelle recherche sur **la chaleur de combustion de la houille** déterminée au moyen de la bombe calorimétrique, par MM. Scheurer-Kestner et Meunier-Dollfus.

Ces recherches, effectuées au moyen de la bombe calorimétrique de M. Berthelot, confirment ce que les auteurs ont cherché à établir dans leurs précédentes recherches, savoir qu'il est impossible d'arriver par le calcul à connaître la chaleur de combustion d'une houille et qu'il est nécessaire, pour s'en rendre compte, de procéder à son essai calorimétrique. Il y a, en effet, des houilles dont la chaleur de combustion est supérieure à celle du carbone et de l'hydrogène réunis, d'autres qui sont inférieures à celles-ci, mais supérieures au calcul fait selon la règle de Dulong, enfin d'autres encore qui donnent des résultats inférieurs à ce calcul.

Applications de la surchauffe de vapeur. — Expériences exécutées du 1er janvier au 31 août 1891 à l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur, par M. Walther-Meunier, Ingénieur en chef de l'Association.

Nous avons reproduit dans nos *Chroniques* de juillet et août 1891, pages 106 et 162, les indications très intéressantes données par notre collègue M. Walther-Meunier dans son compte rendu de 1890 à l'Association alsacienne. Le présent article résume les diverses expériences faites sur des surchauffeurs. Ces expériences sont au nombre de huit. Une a été faite sur le surchauffeur Gehre alimentant une machine Woolf à balancier jumelle donnant 400 *chx* environ ; l'économie a été de 11,26 0/0 en vapeur et de 8,71 en houille pure sèche. Les conditions d'application étaient d'ailleurs défavorables.

Les autres expériences ont été faites sur des surchauffeurs Uhler. L'économie réalisée a atteint 25 0/0 en combustible.

Les conclusions sont que l'emploi de la surchauffe donne les résultats suivants : 1° meilleure utilisation du combustible par augmentation

de rendement, résultant notamment de la moindre fatigue des chauffeurs; 2° meilleure conservation de la chaudière, par suite de la moindre quantité de houille brûlée et de vapeur produite par heure et mètre carré de surface de chauffe. L'application de la surchauffe a permis généralement d'arrêter un générateur sur quatre.

Aucun inconvénient n'a été observé dans la marche des moteurs avec vapeur surchauffée, avec emploi de presse-étoupes métalliques et d'huile de bonne qualité pour le graissage des cylindres. Par contre, la question de durée du surchauffeur est encore pendante et ne pourra être résolue qu'au bout d'un temps suffisant. On peut néanmoins recommander l'emploi de la surchauffe qui donnera toujours une certaine économie dont le chiffre dépend beaucoup de la production de vapeur pour les générateurs et du mode dn construction de la machine pour les moteurs.

Note sur **la formation directe des couleurs azoïques** sur la fibre textile, par MM. Fischesser et Pokorny.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 1. — 2 *janvier* 1892.

Une théorie dynamique de la machine à vapeur, par W. Hartmann.

Nouveautés dans la préparation mécanique des minerais, par W. Schulz.

Les chemins de fer électriques, par R. Ruhlmann.

Législation et jurisprudence.

Groupe de la Basse-Rühr. — But et utilité de la chimie. — Installation de chauffage par le gaz. — Condensation.

Variétés. — Développement de l'industrie du fer et de l'acier dans la Russie méridionale. — Briques en magnésie pour hauts fourneaux.

N° 2. — 9 *janvier* 1892.

Une théorie dynamique de la machine à vapeur, par W. Hartmann *(suite)*.

Les chemins de fer électriques, par R. Ruhlmann *(suite)*.

Utilisation de la puissance des chutes du Niagara, par R. Szuts.

Chemins de fer. — Exploitation des chemins de fer en Angleterre et en Amérique.

Groupe du Palatinat-Saarbrück. — Recherches de pétrole en Alsace.

Variétés. — Suie et pare-étincelles. — Isolateurs de la transmission électrique de force entre Lauffen et Francfort.

N° 3. — 16 *janvier* 1892.

Chemin de fer souterrain à Londres, par L. Troske *(suite)*.

Emploi des formules relatives aux pièces courbes pour le calcul des bielles des charpentes articulées, par J. Schmidt.

Les machines à vapeur à l'Exposition internationale d'électricité de Francfort-sur-le-Mein, par R. Stribeck *(suite)*.

Chemins de fer. — Recherches expérimentales faites au chemin de fer P.-L.-M. sur la vaporisation dans les chaudières de locomotives, par Frank.

Observations sur le coefficient de frottement des tiroirs, par H. Haedicke.

Bibliographie. — Législation des patentes, par A. Seligsohn. — Recherches expérimentales sur l'électricité, par M. Faraday.

Variétés. — Chauffage sans fumée de Schulz-knaudt. — Transport électrique de force entre Herrenwiesen et Bulach. — Emploi du métal fondu dans les chaudières.

Correspondance. — Ressorts à boudin en fil d'acier.

N° 4. — 23 *janvier* 1892.

Emploi du métal fondu dans les constructions, par F. Kintzle.

Chemin de fer souterrain à Londres, par L. Trooske *(fin)*.

Poutres composées en bois, par P. Forchheimer.

Groupe du Palatinat-Saarbrück. — Appareils et installations de refroidissement des eaux de condensation pour machines à vapeur et autres applications.

Bibliographie. — Bases pour l'établissement des salaires dans la construction des diverses parties des machines, par R. Schulze.

Variétés. — Concours pour une installation centrale de force motrice dans la Haute-Alsace.

N° 5. — 30 *janvier* 1892.

Installations électriques à Hanovre, par Th. Stork.

Nouveautés dans les questions de chauffage et ventilation, par H. Fischer.

Condensation de la vapeur en circulation, par J. Schwager.

Exposition universelle de Chicago en 1893.

Bibliographie. — Les universités et les écoles techniques supérieures, par R. Zoller.

Variétés. — Fonctionnement de l'établissement royal d'essais techniques de Berlin pendant l'exercice 1890-91. — La première aciérie Thomas en Suède. — Technicum d'Hildburghausen.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,
A. Mallet.

LISTE

DES

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR

LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AU

1er JANVIER 1892

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ

au 1er Janvier 1892.

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
EN FRANÇAIS											
Acadéмie des Sciences (Comptes rendus de l')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Académie des Sciences, belles-lettres et arts de Clermont-Ferrand (Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Aéronaute (L')	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Album de la Fabrique	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Album de statistique graphique relatif aux chemins de fer, routes nationales, navigation, etc., de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annales de la Construction (Nouvelles)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales de l'Observatoire de Nice	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annales des Chemins vicinaux	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des mines	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Annales des Mines	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Ponts et Chaussées	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Travaux publics (Les)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Annales du Commerce extérieur	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales du Conservatoire des arts et métiers	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Annales du Sauvetage maritime (Les)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»

Année industrielle (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Annuaire de l'Industrie française et du Commerce d'exportation	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire du bâtiment (Sageret)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire du Ministère des Travaux publics	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire statistique de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association amicale des anciens élèves de l'Institut du Nord	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Association amicale des élèves de l'École Nationale Supérieure des mines	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association des chimistes de sucrerie et de distillerie (Bulletin de l')	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»
Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association des Ingénieurs sortis des Écoles de Liège (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Association des Ingénieurs sortis des Écoles de Liège (Annuaire)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association des propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association française pour l'avancement des sciences. (Informations et documents divers)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Association française pour l'avancement des sciences. (Comptes rendus des Congrès)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur (Statuts)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association pour prévenir les accidents de fabrique fondée sous les auspices de la Société industrielle de Mulhouse (Compte rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Astronomie (L')	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
Avenir des chemins de fer (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Bibliothèque polytechnique internationale (Index méthodique des publications techniques)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Blé (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Bourse Lyonnaise (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Brésil (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Bulletin consulaire français	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Bulletin de l'imprimerie et de la librairie	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Bulletin des sommaires	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Bulletin du Ministère des Travaux publics	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Bulletin historique et scientifique de l'Auvergne	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Bulletin international de l'Électricité	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Bureau international des poids et mesures (Travaux et Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Chambre de commerce de Dunkerque (Procès-verbaux des séances)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Chambre de commerce de Dunkerque (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Chambre de commerce de Paris	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Charbon (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Chronique industrielle	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Comité des Forges de France	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
Mémoires et bulletin du département de la Sarthe (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	

d'administration)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Compte rendu des opérations des Chemins de fer, Postes, Télégraphes et Marine de Belgique	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Compte rendu des opérations du chemin de fer du Grand Central belge.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Congrès international des accidents du travail (Bulletin du comité permanent)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Constructeur (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Construction moderne (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Cosmos	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Courrier du Mexique (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Documents statistiques relatifs aux chemins de fer français	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Droit industriel (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
École nationale des Ponts et Chaussées. (Collection de dessins distribués aux élèves. — Légende explicative des planches.)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
École spéciale d'architecture.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Économie sociale (L')	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Économiste français (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Électricien (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Encyclopédie d'architecture.	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Esprit pratique (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Exportation française (L') (édition C)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Fer (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Génie civil (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Industrie électrique (L')	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Industrie française (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Industrie textile (L')	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Institut Égyptien (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Journal d'Agriculture pratique	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal de l'Industrie photographique	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Journal de la Meunerie	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Journal de l'Éclairage au Gaz	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Chambres de commerce (Le)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Chemins de fer	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Mines et des Chemins de fer	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Travaux Publics	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Usines à Gaz	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Transports	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal officiel	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Marine française (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Monde de la Science et de l'Industrie (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Moniteur de la Céramique, de la Verrerie, etc.	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur de la Papeterie française (Le)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur des Fils et Tissus	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur des Intérêts matériels	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Nature (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Papeterie (La)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»

Ports maritimes de la France	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Réforme sociale (La)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Revue d'Artillerie	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue de chimie industrielle	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue de l'aéronautique	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue de Législation des Mines en France et en Belgique	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Revue du Génie militaire	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue du sauvetage en France et à l'étranger	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue générale de l'Architecture et des Travaux publics	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue générale de mécanique appliquée	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue générale des Chemins de fer	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue horticole	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue maritime et coloniale	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue pratique des travaux publics	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue technique de l'Exposition universelle de 1889	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue universelle des Inventions nouvelles (Édition B)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue universelle des Mines	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Semaine des Constructeurs (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Semaine financière (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Service hydrométrique du bassin de la Seine et du bassin de l'Adour (Observations sur les cours d'eau et la pluie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles Lettres du département de l'Aube	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société académique d'architecture de Lyon	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société belge d'électriciens (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

LISTE

DES

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR

LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AU

1er JANVIER 1892

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ

au 1er Janvier 1892.

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
EN FRANÇAIS											
Académie des Sciences (Comptes rendus de l')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Académie des Sciences, belles-lettres et arts de Clermont-Ferrand (Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Aéronaute (L')	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Album de la Fabrique	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Album de statistique graphique relatif aux chemins de fer, routes nationales, navigation, etc., de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annales de la Construction (Nouvelles)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales de l'Observatoire de Nice	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annales des Chemins vicinaux	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des mines	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Annales des Mines	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Ponts et Chaussées	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Travaux publics (Les)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Annales du Commerce extérieur	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales du Conservatoire des arts et métiers	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»

Annales industrielles	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Année industrielle (L')	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Annuaire de l'Industrie française et du Commerce d'exportation	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Annuaire du bâtiment (Sageret)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Annuaire du Ministère des Travaux publics	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Annuaire statistique de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Association amicale des anciens élèves de l'Institut du Nord	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Association amicale des élèves de l'École Nationale Supérieure des mines	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Association des chimistes de sucrerie et de distillerie (Bulletin de l')	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	
Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Association des Ingénieurs sortis des Écoles de Liège (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Association des Ingénieurs sortis des Écoles de Liège (Annuaire)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Association des propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Association française pour l'avancement des sciences. (Informations et documents divers)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	
Association française pour l'avancement des sciences. (Comptes rendus des Congrès)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Association lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur (Statuts)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Association pour prévenir les accidents de fabrique fondée sous les auspices de la Société industrielle de Mulhouse (Compte rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Astronomie (L')	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
Avenir des chemins de fer (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Bibliothèque polytechnique internationale (Index méthodique des publications techniques)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Blé (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Bourse Lyonnaise (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Brésil (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Bulletin consulaire français	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Bulletin de l'imprimerie et de la librairie	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Bulletin des sommaires	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Bulletin du Ministère des Travaux publics	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Bulletin historique et scientifique de l'Auvergne	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Bulletin international de l'Électricité	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Bureau international des poids et mesures (Travaux et Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Chambre de commerce de Dunkerque (Procès-verbaux des séances)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Chambre de commerce de Dunkerque (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Chambre de commerce de Paris	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Charbon (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Chronique industrielle	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Comité des Forges de France	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
Commission météorologique du département de la Sarthe (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	

Compagnie du chemin de fer du Nord (Rapport présenté par le Conseil d'administration)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Compte rendu des opérations des Chemins de fer, Postes, Télégraphes et Marine de Belgique	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Compte rendu des opérations du chemin de fer du Grand Central belge.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Congrès international des accidents du travail (Bulletin du comité permanent)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Constructeur (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Construction moderne (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Cosmos	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Courrier du Mexique (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Documents statistiques relatifs aux chemins de fer français	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Droit industriel (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
École nationale des Ponts et Chaussées. (Collection de dessins distribués aux élèves. — Légende explicative des planches.)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
École spéciale d'architecture	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Économie sociale (L')	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Économiste français (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Électricien (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Encyclopédie d'architecture	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Esprit pratique (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Exportation française (L') (édition C)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Fer (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Génie civil (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Industrie électrique (L')	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Industrie française (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Industrie textile (L')	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Institut Égyptien (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Journal d'Agriculture pratique	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal de l'Industrie photographique	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Journal de la Meunerie	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Journal de l'Éclairage au Gaz	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Chambres de commerce (Le)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Chemins de fer	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Mines et des Chemins de fer	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Travaux Publics	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Usines à Gaz	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Transports	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal officiel	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Marine française (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Monde de la Science et de l'Industrie (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Moniteur de la Céramique, de la Verrerie, etc.	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur de la Papeterie française (Le)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur des Fils et Tissus	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur des Intérêts matériels	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Nature (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Papeterie (La)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»

Portefeuille économique des Machines	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Ports maritimes de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Réforme sociale (La)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue d'Artillerie	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue de chimie industrielle	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue de l'aéronautique	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Revue de Législation des Mines en France et en Belgique	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue du Génie militaire	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue du sauvetage en France et à l'étranger	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue générale de l'Architecture et des Travaux publics	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue générale de mécanique appliquée	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue générale des Chemins de fer	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue horticole	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue maritime et coloniale	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue pratique des travaux publics	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue technique de l'Exposition universelle de 1889	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue universelle des Inventions nouvelles (Édition B)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue universelle des Mines	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Semaine des Constructeurs (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Semaine financière (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Service hydrométrique du bassin de la Seine et du bassin de l'Adour (Observations sur les cours d'eau et la pluie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles Lettres du département de l'Aube	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société académique d'architecture de Lyon	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société belge d'électriciens (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
Société d'économie politique (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Société d'encouragement pour l'Industrie nationale (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société d'encouragement pour l'Industrie nationale (Compte rendu) . . .	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Société de Géographie commerciale de Bordeaux (Bulletin).	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Société de Géographie commerciale de Paris (Bulletin).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société de Géographie de l'Est (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Société de Géographie de Paris (Compte rendu)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Société de Géographie de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Société de l'Industrie minérale (Compte rendu).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société de l'Industrie minérale (Bulletin).	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Société de protection des Apprentis	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Société de secours des Amis des Sciences.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Société de Statistique de Paris (Journal de la)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société des Agriculteurs de France (Bulletin).	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Société des anciens élèves des écoles d'Arts et Métiers (Bulletin technologique).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société des Arts, classe d'industrie et de commerce (Genève).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société des conducteurs et commis des Ponts et Chaussées et des contrôleurs des mines (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société des études coloniales et maritimes	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	

Société des Sciences industrielles de Lyon	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société et Chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers, fondeurs de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Société française de Minéralogie	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société française de Physique (Compte rendu)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société française de Physique (Séances de la)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société française de Physique (Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société industrielle de l'Est	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société industrielle de Mulhouse	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société industrielle du Nord de la France (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société industrielle du Nord de la France (Comptes rendus)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société industrielle de Rouen	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Société industrielle de Reims	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société internationale des Électriciens	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société nationale d'Agriculture de France (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société nationale d'Agriculture de France (Mémoires, Séance publique annuelle)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société nationale des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société scientifique industrielle de Marseille (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société technique de l'Industrie du gaz (Compte rendu des Congrès)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»
Société vaudoise des Sciences naturelles	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Statistique de l'Industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique de la navigation intérieure	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
Statistique des Chemins de fer français	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Sucrerie indigène (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Syndicat des Ingénieurs-conseils en matière de propriété industrielle (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Tableau général des mouvements du cabotage	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Tableau général du commerce de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Technologiste (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Union des Chambres syndicales lyonnaises (Compte rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Union des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Louvain	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Union géographique du Nord de la France	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Yacht (Le), Journal de la Marine	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
EN ALLEMAND												
Akademie der Wissenschaften (Wien)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Annalen für Gewerbe und Bauwesen (Berlin)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Architekten- und Ingenieur Vereins zu Hannover (Zeitschrift)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	
Centralblatt der Bauverwaltung (Berlin)	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
Dingler's polytechniches Journal (Stuttgart)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	

Jahrbücher der K. K. central Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Niederösterreichischen Gewerbe Vereins (Wochenschrift) (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Oesterreichische Eisenbahn-Zeitung (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Oesterreichische Statistik (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Oesterreichischen Ingenieur-und Architekten-Vereins (Zeitschrift) (Wien)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Oesterreichischen Ingenieur-und Architekten-Vereines (Zeitschrift) (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (Wiesbaden)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Repertorium der technischen (Journal-Litteratur)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Schweizerische Bauzeitung (Zürich)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Vereines Deutscher Ingenieure (Zeitschrift) (Berlin)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Zeitschrift für Bauwesen (Berlin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»
EN ANGLAIS											
American Academie of Arts and Sciences (Proceedings) (Boston)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
American Institute of mining engineers (Transactions) (New-York)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Society of civil engineers (Transactions) (New-York)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Society of mechanical engineers (New-York)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association of engineering Societies (Journal of the) (New-York)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Boston Society of civil Engineers (Chicago)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
California Academy of sciences (San Francisco)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Canadian Institute (Annual Report) (Toronto)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Canadian Institute (Proceedings) (Toronto)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Canadian Institute (Transactions) (Toronto)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Canadian Society of civil Engineers (the) (Transactions) (Montréal)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Chinese Lighthouses (List of the) (China)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
City Engineer Boston (Annual Report)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Engineer (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Engineering (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Engineering Association of new south wales (Minutes of Proceedings) (Sydney)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Engineering News (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	1	
Engineers' club of Philadelphia (Proceedings) (Philadelphia)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Engineers' club of Philadelphia (Record) (Philadelphia)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Franklin Institute (Journal of the) (Philadelphia)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Indian Engineering (Calcutta)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Industries (London and Manchester)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Iron (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Iron and Coal trades Review (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Iron and Steel Institute (The Journal of the) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	
Iron Monger (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Institution of civil Engineers (Minutes of Proceedings) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Institution of civil Engineers (Private Press) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Institution of Electrical Engineers (Journal of the) (London)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Institution of Engineers and shipbuilders in Scotland (Transactions) (Glasgow)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Institution of mechanical Engineers (Proceedings) (London)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	

Master-Car Builders Association (Annual Convention) (Chicago) . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Midland Institute of Mining civil and mechanical Engineers (Proceedings) (Barnsley).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Midland Institute of Mining civil and mechanical Engineers (Transactions (Barnsley)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Mining world (The) (London).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Navy department Bureau of navigation office of naval Intelligence (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
North of England Institute of mining and mechanical Engineers (Transactions) (Newcastle-Upon-Tyne).	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Public Works Department Government of Bengale (Revenue Report) (Calcutta).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Railroad and Engineering Journal.	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Railroad Gazette (New-York).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Railway Engineer	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Society of Arts (Journal of the) (London).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Society of Engineers (Transactions) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Coast Geodetic Survey (Report) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Annual report) (Washington). . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Naval Institute (Proceedings) (Annapolis).	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»

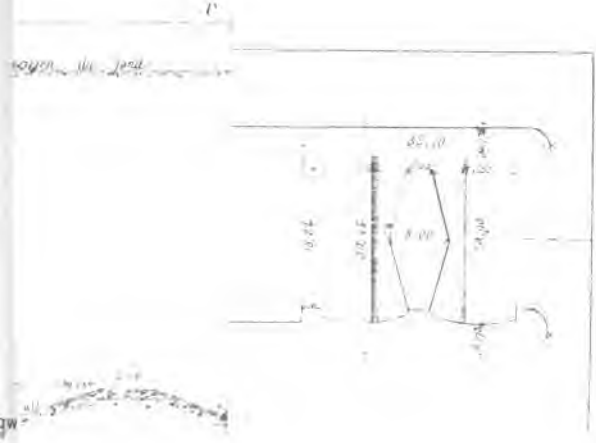
DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
EN ESPAGNOL												
Asociación nacional de Ingenieros industriales (Boletin de la) (Madrid).	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Boletin de agricultura, mineria e industrias (Mexico).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Boletin de Minas (Lima).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
El Porvenir de la Industria (Barcelona)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Industria é Invenciones (Barcelona).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Observatorio Météorológico Magnético central de México (Boletin Mensual)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Revista de obras públicas (Madrid)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Revista Minera Metalúrgica y de Ingenieria (Madrid).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Revista Tecnológica-Industrial (Barcelona)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Sociedad cientifica « Antonio Alzate » (Memorias) (México)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Sociedad Colombiana de Ingenieros (Anales de Ingenieria et Organo de la) (Bogóta).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Sociedad « Sánchez Oropesa » (Boletin de la) (Orizaba)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
EN HOLLANDAIS												
De Ingenieur (S. Gravenhage)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Tidjschrift van het Konisklijk Instituut van Ingenieurs (La Haye).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	

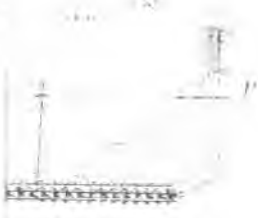
EN HONGROIS											
Heti Értesitöje a M. Mérnök-és Épitész Egylet (Budapest)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Magyar Mérnök-ès Épitész-Egylet Köznölie (Budapest).	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
EN ITALIEN											
Accademia dei Lincei (Atti della Reale) (Roma).	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Accademia dei Lincei (Memorie) (Roma)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Accademia di Scienze, Lettere ed Arti in Modena (Memorie della Regia).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Bollettino delle opere moderne straniere (Roma).	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Collegio d'Ingegneri ed Architetti in Catania.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Collegio degli Architetti ed Ingegneri di Firenze (Atti del)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo (Atti del). . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Collegio degli Ingegneri ed architetti in Napoli (Bollettino)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Giornale del Genio civil (Roma).	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Industria (L') (Milano)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Politecnico (Il) (Milano).	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Rivista di Artiglieria e Genio (Roma)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Società d'applicazione pergl'ingegneri in Roma (Annuaire et Programm d'Insegnamento)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino (Atti della)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Annali della) (Roma).	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
EN POLONAIS											
Przeglad techniczny (Warszawa)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

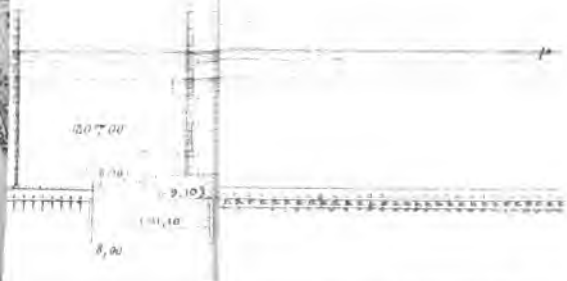
DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
EN PORTUGAIS												
Annuario publicado pelo Imperial Observatorio do Rio de Janeiro	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Revista de Obras Publicas é Minas (Lisboa)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Revista do Observatorio do Rio de Janeiro	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
EN RUSSE												
Ingénieur (Kieff)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Zapiski Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchtchestva (Saint-Pétersbourg)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
EN SUÉDOIS												
Teknisk Tidsskrift (Norks) (Kristiania)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Technisk-Tidskrift (Ny Följd) (Stockholm)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
EN TSCHÈQUE												

IMPRIMERIE CENTRALE DES CHEMINS DE FER. — IMPRIMERIE CHAIX. — PARIS, 20, RUE BERGÈRE. — 29244-4-11

Ymuiden

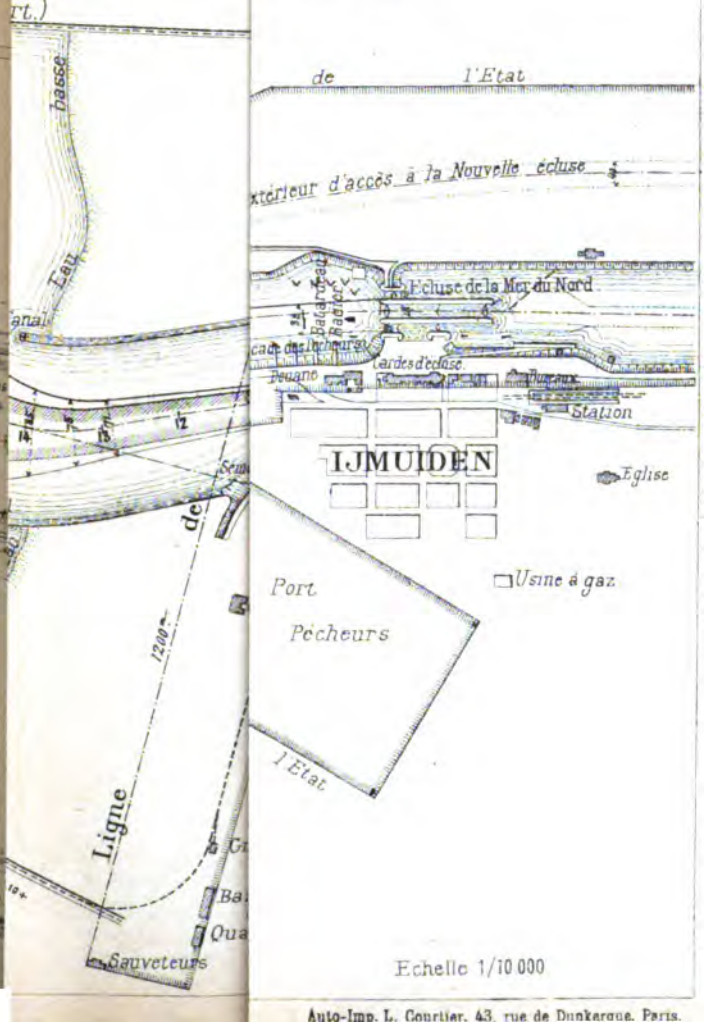






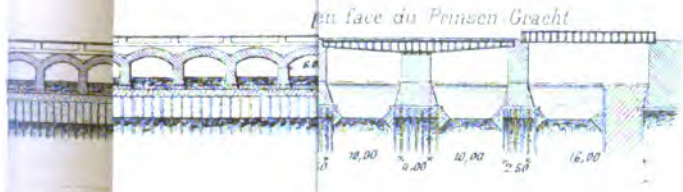
e du Nord à Ymuiden.

d'Ymuiden.



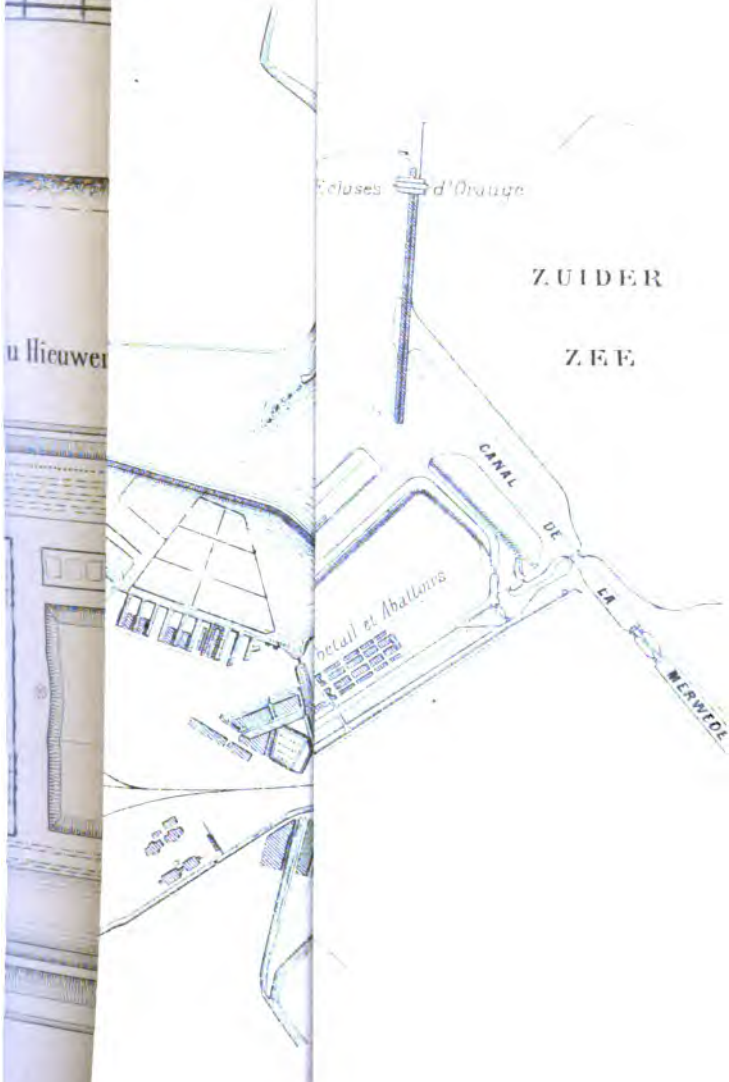
Echelle 1/10 000

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.



ords du t
Elévation

u Hieuwer



p. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

FÉVRIER 1892

N° 2.

Sommaire des séances du mois de février 1892 :

1° *Décoration et Nomination* (Séances des 5 et 19 février), pages 149 et 155;

2° *Décès* de MM. P. de Branville, A. Delannoy, A. Joyant, L. Gallois, L.-J. Bour, F. Raoul-Duval, J.-C. Crozet-Boussingault, H. Petin, H. Fockedey. (Séances des 5 et 9 février), pages et 149 et 155;

3° *Locomotives à l'Exposition universelle de 1889 (Dépôt et analyse du rapport de la Commission d'étude des)*, par M. E. Polonceau. (Séance du 5 février), page 150 ;

4° *Le Matériel agricole employé pour la culture des céréales*, par M. P. de Salis. (Séance du 5 février), page 152 ;

5° *Excursion faite par les membres de la Société en Hollande (Compte rendu technique de l')*, par M. E. Lippmann. (Séances des 5 et 19 février), pages 155 et 160 ;

6° *Congrès international de navigation intérieure (Lettre* de M. Fargue, président du V°). (Séance du 19 février), page 155 ;

7° *Banquet des Anciens Élèves des Écoles d'Arts et Métiers.* (Séance du 19 février), page 156 ;

8° *Les grands réservoirs ou lacs artificiels (Analyse de la Communication sur)*, de M. G. Crugnola, par M. Edmond Coignet. (Séance du 19 février), page 156;

9° *Épures de statique graphique relatives à la détermination des moments fléchissants et des efforts tranchants maxima qui se produisent, au passage d'un convoi, dans une poutre droite à une seule travée reposant sur appuis libres*, par M. J. Pillet, et *Observations* de M. Bertrand de Fontviolant. (Séance du 19 février), pages 157 et 159.

Pendant le mois de février 1892, la Société a reçu :

32550 — De M. S. Périssé (M. de la S.). *De la responsabilité et de la faute lourde en matière d'accidents du travail* (in-8° de 13 p.). Paris, *Génie civil*, 1892.

32551 — De M^me^ Pauline Ser. *Traité de physique industrielle*, tome II, 2^e^ partie. *Chauffage et ventilation des lieux habités*, par L. Ser. L. Carette et E. Herscher (in-8°, p. 477 à 980). Paris, G. Masson, 1892.

32552 — De M. G. Duclout (M. de la S.). *Los telegraphos de la Republica Argentina*, por Manuel B. Bahia (in-8° de 158 p. et 22 pl.). Buenos-Aires, J.-N. Klingelfuss y C^a^, 1891.

32553 — De M. B. Tignol. *L'aluminium. Fabrication, emploi, alliages*, par A. Minet (gr. in-12 de 312 p.). Paris, B. Tignol, 1892.

32554 — De M. P. Hanrez (M. de la S.). *Note sur le générateur inexplosible à tubes d'eau, système Prosper Hanrez*, par A. Droit (in-8° de 7 p. et 1 pl.). Nancy, Berger-Levrault, 1892.

32555 — De la Vereeniging van Burgerlijke Ingenieurs. 5 premiers numéros de 1892 de : *De Ingenieur*.

32556 — De M. G. Alexis-Godillot (M. de la S.). *Rapports du jury international sur l'Exposition universelle de 1889 (classe 56). Matériel et procédés de la couture et de la confection des vêtements*. Rapport de M. G. Alexis-Godillot. Paris, Imprimerie Nationale, 1892.

32557 et 32558 — *Dictionnaire général de biographie, d'histoire et de géographie*. 2 vol. in-4°. Paris, Ch. Delagrave, 1889.

32559 — De M. Aug. Moreau (M. de la S.). *Les causes et les progrès de l'influenza* (feuille in-4°). Paris, *Moniteur Industriel*, 1892.

32660 — De M. E. Desroziers (M. de la S.). *Étude sur la traction électrique des trains de chemin de fer*, par H. Bonneau et E. Desroziers (In-8° de 17 p.). Paris, Baudry et C^ie^, 1892.

32661 — De M. Jamin. *Mémoire sur l'interprétation des symboles dits imaginaires, ou théorie des acceptions avec ses applications en algèbre et en géométrie*, par J. Evrard (In-8° de 234 p.). Paris, Baudry et C^ie^, 1891.

32662 — De M. J. Gaudard. *Examen des causes de la rupture du pont de Mönchenstein. Mémoire présenté à la Compagnie des chemins de fer du Jura-Simplon* (In-folio de 12 p. et 1 pl.). Berne, Michel et Büchler, 1891.

32662 (bis) — De M. A. Picard. *Rapports du Jury international sur l'Exposition universelle de 1889, Groupe VI. Outillage et procédés des industries mécaniques, 4^e^ partie, classes 53 à 59*. Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32663 — De M. G.-R. Blot (M. de la S.). « *Cannavieiras* ». *Compagnie générale des Diamants du Brésil. Rapport au Conseil d'administration sur la mission confiée à M. Blot* (Petit in-4° de 24 p. et 1 pl.). Paris, Schiller, 1892.

32664 — De M. G. Richard (M. de la S.). *Les Propriétés des alliages*, par W.-C. Roberts Austen (Petit in-4° de 20 p.). Paris, G. Chamerot, 1892.

32665 — Du Comité des Forges de France. *Les Caisses syndicales d'assurance mutuelle contre les accidents*, par A. Gigot (In-8° de 16 p.). Paris, F. Levé, 1891.

32666 — De l'Association française pour l'avancement des sciences. *Compte rendu de la 20e session. Première partie. Documents officiels. Procès-verbaux.* Paris, G. Masson, 1891.

32667 — De M. A. Picard. *Rapports du Jury international sur l'Exposition universelle de 1889. Groupe VI. Outillage et procédés des industries mécaniques (2e partie). Classes 50 et 51.* Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32668 — De M. E. Boire (M. de la S.). *Rapports du Jury international sur l'Exposition universelle de 1889. Classe 50. Matériel et procédés des usines agricoles et des industries alimentaires* (In-8° de 32 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32669 — Du même. *Congrès international d'agriculture en 1889. Rapport sur l'industrie du sucre et la culture des betteraves* (In-8° de 19 p.). Paris, Lahure, 1889.

32670 — De M. E. Pontzen (M. de la S.). *Note sur les conditions dans lesquelles s'effectuent les transports de céréales dans la Russie méridionale* (In-8° de 47 p.). Paris, Dunod, 1891.

32671 — De la Chambre syndicale des constructeurs mécaniciens du Havre. *Projet de loi sur le travail des enfants, des filles mineures et des femmes dans les établissements industriels* (Petit in-4° de 6 p.). Havre, B. Lesauvage, 1892.

32672 — De M. A.-M. Villon. *L'éclairage, le chauffage et la force motrice par les hydrocarbures lourds* (In-8° de 104 p.). Paris, B. Tignol, 1892.

32673 — De M. E. Trélat (M. de la S.). *L'installation de la Chambre des députés au point de vue sanitaire. Consultation demandée par M. le Président de la Chambre des députés à M. E. Trélat* (In-8° de 12 p.). Paris, G. Masson, 1891.

32674 — De M. Grosseteste (M. de la S.). *Mémoire sur les travaux d'Emile Hubner. Ses peigneuses pour le coton, la soie et la laine*, par René Ferouelle (Grand in-8° de 96 p. et 22 pl.). Mulhouse, Veuve Bader et Cie, 1891.

32675 — *Repertorium de Technischen journal Litteratur*, par le Dr Rieth. Jahrgang, 1890. Berlin, C. Heyman, 1891.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de février 1892 sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

P.-F. Arbey,	présenté par MM.	F. Arbey, L. Arbey, A. de Dax.
L.-L. Bauzon,	—	Level, Pompon, A. Roy.
J. Budding,	—	A. Martin, Juin, A. de Dax.
H. Bureaux,	—	Arquembourg, Carénou Grouvelle.
A.-L. Cordeau,	—	Trélat, de Gennes, Pillet.
J. Cordier,	—	Chaillaux, Delpeuch, Miston.
M.-A. Crusat,	—	Gonzalez-Frossard, Llatas y Riera, Sans y Garcia.
P.-A. Dupont-Rougier,		Chevalier, Coste, Zens.
H. Falconnet,	—	Canet, Cauvet, Reymond.
D. Ferderman,	—	Griffiths, Hanquet, Jouffret.
E. Fouchée,	—	Jousselin, Marmiesse, A. Piat.
H. Joanneton,	—	Hegelbacher, Thibault, A. Tresca.
J.-W.-W. Konow,	—	Béliard, Décé, Pifre.
F.-Ch. Lacroix,	—	Brossard, Freulon, Hallopeau.
F. Loppé,	—	Bourdon, Jousselin, A. Mallet.
C. Malissard,	—	Laveissière, Lencauchez, Résimont.
G.-V.-L. de Mestral,	—	J. Armengaud, D.-A. Casalonga, Memnons.
J. Noël,	—	Bouniol, Pettit, Regnard.
J.-A. Périchon,	—	Guigon-Bey, Julliot-Bey, Ventre-Bey.
P.-F. Rey,	—	Abadie, Gassaud, Richon.
A. Schil,	—	P. Buquet, J. Durupt, Aug. Moreau.
J. Serrat y Bonastre,		Gonzalez-Frossard, Llatas y Riera, Sans y Garcia.
R.-A. Simonet,	—	Bourdon, Charton, Pierron.
V.-L. Tahon,	—	Carimantrand, Lévi, Mallet.
F.-J. Trunnel,	—	Cerbelaud, Marnay, Aug. Moreau.
E.-L. Viennot,	—	Assi, Genès, Thareau.
G. Ch.-E. Vigreux,	—	Buquet, Berger, Ch. Bourdon.

Comme Membres associés, MM. :

G.-L. Garvin,	présenté par MM.	Ch. Herscher, Damoizeau, Plichon.
F. Hubin,	—	de Coëne, Gottschalk, Polonceau.
V. Lemaire,	—	Deullin, Mulat, Seyrig.
E. Rousset,	—	Ch. Herscher, Lesourd, Simon.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1892

Séance du 5 février 1892

PRÉSIDENCE de M. P. JOUSSELIN, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté sous réserve de la rectification suivante :

M. A. Ch. Bourdon a été nommé professeur du *Cours de machines à vapeur* à l'Ecole centrale et non pas du *Cours de constructions civiles et d'architecture*.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer les nombreux décès qui ont très douloureusement frappé la Société dans ces derniers temps. Ce sont ceux de :

M. P. de Branville, membre de la Société depuis 1856. Sorti de l'École centrale en 1854 avec le diplôme d'Ingénieur-mécanicien, il était Ingénieur électricien, directeur de la Société de Branville et Cie, constructeur d'appareils téléphoniques, membre de la Société française de physique, membre du Conseil d'administration de la Société internationale des électriciens et vice-président de la Chambre syndicale des industries électriques.

M. A. Delannoy, membre de la Société depuis 1863, avait été élève des Écoles d'Arts et Métiers avant d'entrer à l'École centrale dont il sortit en 1849. Pendant les événements de juin 1848, il remplit les fonctions d'officier d'état-major du général Négrier et fut nommé chevalier de la Légion d'honneur pour ses actes de bravoure et de courage, étant encore élève à l'Ecole. Il fut pendant une vingtaine d'années, Ingénieur en chef de la voie, du matériel et de la traction des chemins de fer de Sceaux et d'Orsay, où il avait succédé à M. Arnoux, l'auteur du système d'attelage articulé qui a fonctionné longtemps sur cette ligne pour le passage des courbes de petit rayon, et auquel il apporta lui-même des perfectionnements importants.

Delannoy a inventé un des premiers systèmes de boites à huile *portant son nom*, qui a été appliqué avec succès sur une grande échelle en France, en Espagne, en Italie, en Suède et en Norwège. Il fut à cette époque nommé commandeur de l'ordre de Charles III.

Il s'est beaucoup occupé, il y a quelques années, de la culture et de l'exploitation de l'alpha pour lesquelles il a fait, à diverses reprises, un séjour assez long en Algérie.

Il convient de signaler enfin d'une manière toute spéciale la part glorieuse qu'Albert Delannoy a prise à la Défense nationale en 1870, en commandant, à la sortie de Champigny, le train d'artillerie blindé à la construction duquel il avait contribué.

M. A. Joyant, membre de la Société depuis 1864, ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1854, fut dessinateur, sous-chef de section, chef de section, chef de service faisant fonctions d'Ingénieur, puis Ingénieur en chef attaché au service de la voie des chemins de fer de l'Est, officier de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture de l'allocution prononcée sur la tombe de notre regretté collègue par M. Petsche, Ingénieur en chef des chemins de fer de l'Est, et ajoute qu'il a prononcé lui-même quelques mots d'adieu à cet ami et camarade.

M. Louis Gallois, membre de la Société depuis 1881, ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1871, fut Ingénieur chez M. Chameroy, puis contrôleur à la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée ; était en dernier lieu associé de l'imprimerie Brodard et Gallois, à Coulommiers.

M. L.-J. Bour, membre de la Société depuis 1888, ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1860, fut directeur de la manufacture royale de bougies à Amsterdam ; était depuis 1876 Ingénieur directeur de l'Association Lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur de Lyon.

M. F. Raoul Duval, membre de la Société depuis 1860, ancien élève de l'École polytechnique et de l'École des mines, fut sous-directeur des mines de Huelva (Espagne) et directeur des houillères de Rulhe (Aveyron) ; était régent de la Banque de France et président du Conseil d'administration de la Compagnie parisienne du Gaz, chevalier de la Légion d'honneur.

M. J.-C. Crozet-Boussingault, membre de la Société depuis 1874, ancien élève de l'École Centrale, promotion 1852, constructeur-mécanicien à Trablaine, près Le Chambon (Loire).

M. Petin (Hippolyte), membre de la Société depuis 1857, ancien maître de forges des établissements bien connus Petin et Gaudet ; officier de la Légion d'honneur.

La Société a reçu plusieurs ouvrages dont la liste sera inscrite au procès-verbal.

M. E. POLONCEAU a la parole pour une communication sur *Les locomotives à l'Exposition universelle de 1889* et s'exprime ainsi :

MESSIEURS,

Vers la fin de 1889, une commission spéciale a été constituée pour étudier les locomotives à l'Exposition universelle (1).

Dans sa première réunion, la commission désigna comme président d'honneur M. A. Gottschalk, comme président M. E. Polonceau, et nomma une sous-commission composée de MM. Polonceau, de Fonbonne, J. Morandière, Deghilage, Demoulin, Vallot, Pulin.

Cette sous-commission désigna divers rapporteurs qui recueillirent différents matériaux pour constituer les dossiers des renseignements et rédiger leurs rapports. Après plusieurs séances consacrées à l'examen détaillé des rapports, la sous-commission a soumis le tout à la commission après l'avoir approuvé dans son ensemble : elle m'a chargé de le déposer sur le bureau de la Société.

Les renseignements recueillis sont très considérables et permettront à ceux de nos collègues qui le désireront de faire sur chaque locomotive exposée une étude approfondie.

Le rapport se compose de quatre parties :

1° Étude et description des machines locomotives de la section française pour voie normale, avec tableau récapitulatif des dimensions principales, par MM. Vallot et Deghilage;

2° Étude et description des machines locomotives des sections étrangères pour voie normale, avec tableau des dimensions principales, par M. Demoulin;

3° Étude et description de machines françaises et étrangères pour voie étroite ou à crémaillère; voitures automotrices pour tramways ou pour routes; traction électrique, etc., par M. Pulin;

4° Comparaison des machines françaises pour voie normale, par M. Vallot.

Je n'ai pas à vous faire ici l'éloge de ces rapporteurs, si ce n'est pour vous signaler avec quel zèle et quel dévouement ils se sont livrés à ce long travail de recherches dans lequel ils ont été guidés et secondés par M. J. Morandière, qui avait été nommé rapporteur en chef et qui a mené toute cette affaire avec le talent que nous lui connaissons tous et dont les Bulletins de la Société contiennent des preuves nombreuses toutes personnelles.

De l'examen de ces rapports, il ressort d'abord deux faits bien marquants :

1° Augmentation de puissance des locomotives au maximum, aussi bien pour les trains de voyageurs que pour les trains de marchandises;

2° Types nombreux de locomotives pour les voies étroites, montrant l'importance qu'elles ont actuellement dans les transports, importance qui augmentera de jour en jour.

Ensuite, on constate la tendance d'arriver au minimum de consommation du combustible et du combustible le meilleur marché, soit par des dispositifs spéciaux de grilles de foyer, augmentation de surface de chauffe directe, soit en cherchant à employer la vapeur d'une manière

(1) Les membres de la Société qui ont bien voulu faire partie de cette commission sont : MM. Cerbelaud, Deghilage, Demoulin, de Fréminville, Gottschalk, Martin, Mallet, J. Morandière, Parent, Pulin, E. Polonceau, Vallot, Whaley.

plus économique : plusieurs locomotives compound montraient cette tendance et, pour la première fois, on voyait le type Wolf appliqué aux locomotives. Les tiroirs cylindriques système Ricour, la distribution Bonnefond, etc., indiquaient des tendances différentes.

Il y a lieu de constater des perfectionnements nombreux au point de vue du graissage et spécialement en ce qui concerne les cylindres et les tiroirs. Cette question, très étudiée depuis un certain temps pour les machines fixes, laissait à désirer pour les locomotives. Il y a déjà un grand progrès réalisé dans ce sens et il y a certainement intérêt à poursuivre les recherches de perfectionnement de ce genre.

Enfin, grande capacité des tenders exigée par les longs trajets sans arrêts.

De l'ensemble de cet examen, il ressort que les Ingénieurs français brillaient au premier rang comme constructeurs à l'Exposition de 1889 et que l'exécution des divers types exposés prouvait la valeur du personnel des *ateliers français*.

M. le Président remercie M. Polonceau de cette intéressante analyse d'un travail qui a été fait à l'intention de la Société et qui permettra à chacun de faire sur les locomotives une étude approfondie.

M. le Président donne la parole à M. P. de Salis pour sa communication sur *Le matériel agricole employé pour la culture des céréales*.

M. de Salis dit que l'origine du travail qu'il a préparé est due à la bienveillante initiative de M. Polonceau, qui le lui avait demandé l'année dernière; son travail repose uniquement sur la devise de la Société royale d'Agriculture d'Angleterre : « Pratique avec science ».

M. de Salis fait ensuite un résumé de son mémoire ajoutant qu'il pourra prochainement parler des machines à moissonner.

La culture des céréales doit être en France la base de toute exploitation sérieuse ; en effet, la plupart des terres qui forment la surface arable du pays ne peuvent être mises en valeur que par cette culture qui, seule, y est possible et, en second lieu, si la France veut rester une nation de premier ordre, elle doit pourvoir par elle-même à la production de sa nourriture. De plus, le *blé marchand* représente pour le cultivateur de l'argent comptant. La *culture lucrative* des céréales est donc un problème de la plus haute importance.

Seuls, les esprits arriérés croient que, dans les exploitations rurales, tout dépend uniquement de la succession des phénomènes atmosphériques ; la physiologie végétale et animale, la chimie, la mécanique et l'hydraulique aident le fonctionnement des agents naturels, économisent et ménagent le travail des bras. La communication actuelle a pour but de passer en revue les principaux instruments usités dans la culture des céréales.

Labours et charrues. — La culture à grand rendement obtenu à bon compte doit être faite dans un labour à plat ; si le sol est trop humide, il faut avoir recours au drainage et rejeter les billons; tout au plus si l'humidité n'est pas trop considérable, peut-on avoir recours au labour en planches.

La véritable charrue de l'agriculture intensive est le brabant double à avant train, qui, s'il exige un effort de traction un peu plus considé-

rable que l'araire demande moins de travail et d'adresse au conducteur, fait un meilleur travail et se comporte mieux dans les circonstances difficiles.

Les labours de défoncements peuvent s'exécuter par deux procédés : le premier consiste à se servir soit de brabants de dimensions considérables, comme la *Révolution* de M. Vallerand, soit de brabants ordinaires munis de griffes fouilleuses ; le second consiste à remorquer à l'aide de manèges ou de locomobiles des charrues spéciales pour retourner la terre à de grandes profondeurs.

Les labours légers doivent être effectués à l'aide de charrues polysocs qui donnent à la fois économie de temps, de main-d'œuvre et de traction.

Le polysoc a une marche plus régulière que la charrue ordinaire par la raison que, les variations de résistance se répartissant sur un plus grand nombre de points, l'effort nécessaire se rapproche davantage de la moyenne.

En pratique, partout où le sol ne présente pas de difficultés exceptionnelles, il faut toujours faire les déchaumages et les labours superficiels avec des trisocs, et les labours moyens avec des bisocs ; on ne doit réserver à la charrue ordinaire que les labours moyens en terres difficiles et les labours profonds en terres faciles ; et encore dans ce dernier cas, si le sol est en bon état de culture, on peut opérer avec le bisoc.

Ensemencements et semoirs. — Cette opération fondamentale est très négligée en France, où on l'effectue le plus souvent sans les soins nécessaires, tandis qu'en Angleterre, elle est l'objet de soins intelligents et multiples ; les Allemands, avec leur esprit pratique, ont transporté dans leurs plaines les procédés anglais auxquels ils doivent l'état florissant de leur agriculture.

Il faut se préoccuper de trois circonstances principales : 1° choix et préparation de la semence ; 2° opportunité de la saison et des circonstances atmosphériques ; 3° procédé manuel ou mécanique à employer pour déposer la semence ou la recouvrir.

Dans le semis, les grains doivent être également répartis et uniformément espacés sur toute l'étendue du champ ; leur quantité sera réglée de telle sorte qu'ils ne soient ni trop drus ni trop clairs. Le semis à la volée, qui est pratiqué à la main, exige de l'adresse et une attention constante. Un bon semeur est très rare à rencontrer.

Le semis fait, il faut recouvrir la graine, ce qui a lieu, soit avec la herse, soit avec le cultivateur.

Les essais de machines à semer remontent à une haute antiquité ; ce n'est que depuis le XIX^e^ siècle que l'on a des appareils pratiques, dont le premier en date est le semoir Hugues, aujourd'hui abandonné.

Les instruments, aujourd'hui employés dans les exploitations perfectionnées, dérivent du type anglais Norfolk ou Suffolk que le constructeur Smyth a popularisé sous son nom.

Ces instruments comportent tous un réservoir de graine, un coffre de distribution contenant des disques à cuillers, des entonnoirs avec tubes flexibles, enfin des sacs rayonneurs.

Ils doivent satisfaire aux conditions suivantes :

1° Le semoir répandra avec régularité toutes les semences possibles, fines

ou grosses; pour passer d'une opération à l'autre, il suffira de changer certains organes simples, solides et faciles à mettre en place;

2° La semence sera répandue avec régularité et proportionnellement avec la surface emblavée; il ne doit jamais y avoir engorgement des organes, ni interruption de travail;

3° La distance entre les lignes pourra être modifiée promptement;

4° Le semoir ouvrira le rayon, y déposera la semence sans la traîner, et la recouvrira d'une épaisseur déterminée de terre;

5° L'orifice de distribution du grain pourra être ouvert ou fermé instantanément, sans qu'il soit nécessaire d'arrêter la marche de l'instrument;

6° La semence sera répandue en quantité proportionnée à la vitesse de progression de l'instrument;

7° L'ensemble du système aura assez de stabilité pour n'être pas dérangé par les accidents de terrain;

8° Les tubes distributeurs et rayonneurs ne seront pas dérangés par les inégalités du terrain;

9° Le conducteur doit pouvoir maintenir constamment l'instrument en ligne droite.

Sarclage des céréales. — Longtemps les sarclages ont été uniquement pratiqués par les jardiniers dans les jardins potagers; on les a appliqués ensuite aux graines et aux plantes industrielles; aujourd'hui on les pratique dans les cultures de céréales pour obtenir de grands rendements, comme on y est parvenu avec tant de succès en Angleterre et en Allemagne.

Le binage détruit les mauvaises herbes et permet, en outre, aux influences atmosphériques de s'exercer à la surface du sol rendue plus perméable par la trituration de la petite croûte formée par l'effet alternatif de la pluie, de la rosée et de la sécheresse.

Si la terre a été bien préparée par des labours et des façons énergiques, si elle a reçu une dose convenable d'engrais, les céréales ne seront presque pas sujettes à la verse, malgré l'abondance de leur végétation et la hauteur exceptionnelle à laquelle parviendront leurs tiges: c'est que leurs pailles auront une force exceptionnelle qui leur permet de résister à la fois à leur propre poids et aux intempéries de l'atmosphère.

La houe à cheval à leviers multiples est l'outil le mieux approprié aux sarclages des céréales; elle est portée par deux roues; chaque pied de la houe, c'est-à-dire chaque lame qui doit sarcler et biner, est attachée par des écrous à une tige fixée à un levier articulé à son extrémité opposée et muni d'un contrepoids pour forcer ses parties tranchantes à appuyer sur le sol et à y pénétrer.

Cet appareil peut travailler quatre à cinq hectares par jour avec un homme pour surveiller le sarclage et un enfant pour conduire le cheval; la façon ainsi donnée revient à 3 *f* par hectare.

En résumant toutes ces opérations de la culture, il est facile de voir qu'elles sont solidaires les unes des autres; le produit final sera diminué, si un ou plusieurs facteurs viennent à disparaître ou à n'avoir pas leur valeur maximum: c'est là la cause de bien des insuccès.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. de Salis de sa communication intéressante, ainsi que de la promesse qu'il veut bien nous faire de compléter cet exposé dans une séance à venir.

M. É. LIPPMANN a la parole pour la continuation de son *Compte rendu technique de l'excursion faite par les membres de la Société en Hollande.*

M. É. Lippmann fait le récit des études et excursions faites pendant la seconde journée qui était tout entière destinée à la visite de la ville de Rotterdam et de son port; cette communication sera insérée au Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Lippmann de sa communication dont la suite sera entendue avec le plus grand plaisir à la séance du 19 février.

La séance est levée à onze heures et quart.

Séance du 19 février 1892.

PRÉSIDENCE DE M. P. BUQUET, PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT rectifie une erreur qui s'est glissée dans la rédaction des communications à l'ordre du jour :

M. Pillet est professeur remplaçant au Conservatoire des Arts et Métiers, comme aussi à l'École spéciale d'architecture dont la direction est entre les mains de notre collègue M. Trélat.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part du décès de M. H. Fockedey, membre de la Société depuis 1877. Ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1868, il était depuis 1877 associé de la maison Sculfort-Malliar et Meurice, constructeurs d'outils et machines-outils, à Maubeuge.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. P. Blanchod, Ingénieur civil, a été nommé commandeur de l'ordre du Christ du Portugal, à la suite d'études qu'il a été appelé à faire sur les usines et la métallurgie en Portugal.

La Société a reçu différents ouvrages dont la nomenclature est à la fin du Procès-Verbal.

M. LE PRÉSIDENT fait donner lecture de la lettre suivante qu'il a reçue de M. le Président du cinquième Congrès international de navigation intérieure.

« Monsieur et cher collègue,

» Je prends la liberté de faire appel à votre obligeance et à l'intérêt que » la Société, dont vous êtes l'éminent Président, n'a cessé de témoigner » aux choses de la navigation. Il s'agit du cinquième Congrès interna- » tional de navigation intérieure qui, ainsi que vous le savez, doit se

» tenir cette année à Paris. Nous tenons à honneur que ce congrès ait » tout l'éclat de congrès analogues tenus précédemment à Bruxelles, » à Vienne, à Francfort et à Manchester; la Société des Ingénieurs » civils peut contribuer beaucoup à ce résultat patriotique, et nous espé- » rons qu'elle voudra bien joindre ses efforts aux nôtres.

» Pour le moment, il s'agit d'organiser l'Exposition qui sera la con- » sécration matérielle du congrès. Je prends la liberté de vous envoyer » les divers documents qui constituent l'appel du Comité de l'Exposi- » tion, en vous priant de vouloir bien les distribuer aux membres de la » Société susceptibles de répondre à cet appel.

» Si vous jugez bon, en outre, de m'adresser une liste des personnes » auxquelles je pourrais, à votre avis, faire directement l'envoi de nos » circulaires, j'aurai soin que toutes vos indications soient mises à pro- » fit. Je suis sûr que les intérêts du Comité que je préside, mis entre » vos mains, seront chaudement défendus, et je vous en exprime d'avance » ma profonde gratitude.

» Je vous prie de vouloir bien agréer, Monsieur et cher collègue, » l'assurance de mes sentiments les plus distingués.

» *L'Inspecteur général des Ponts et Chaussées,*
» *Président du Comité de l'Exposition.*

» *Signé :* FARGUE. »

M. le Président appelle l'attention des membres de la Société sur l'importance de ce congrès. On trouvera au secrétariat les pièces dont il vient d'être parlé.

Du reste, la Société sera représentée à ce congrès par une délégation de huit membres, dont le Président de la Société.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'il a assisté, il y a quinze jours, au banquet de la Société des anciens élèves des Écoles d'Arts et Métiers, et qu'il a eu à prendre la parole pour parler du but poursuivi par la Société des Ingénieurs civils, et pour engager ceux qui auraient des travaux importants à signaler à y venir de leur personne.

M. le Président ajoute que ses paroles ont été si bien accueillies qu'il a dû se relever pour dire qu'il en ferait part à la Société des Ingénieurs civils.

M. LE PRÉSIDENT fait connaître qu'un membre de la Société, habitant le Japon, M. Lascasse, a envoyé un travail sur le moyen qu'il emploie pour protéger les constructions contre les tremblements de terre. Ce moyen n'est pas seulement théorique, mais il a été mis en pratique. Ce document, qui contient des détails très intéressants, sera traduit et résumé.

M. le Président donne la parole à M. Edmond Coignet pour son *analyse de la communication de M. G. Crugnola sur les grands réservoirs ou lacs artificiels.*

M. EDMOND COIGNET dit que le travail de M. Crugnola, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées italiens, est une étude très intéressante et très complète de la construction des grands barrages de réservoirs. M. Coignet a préparé une analyse de la première partie qui est théori-

que. En ce qui concerne la deuxième, qui est la description de tous les ouvrages principaux existants, M. Coignet n'a pas cru pouvoir utilement en faire un résumé, mais les membres de la Société que la question intéresse trouveront à la bibliothèque tous les documents voulus.

L'analyse sera insérée au *Bulletin* de février 1892.

M. Coignet présente des observations personnelles sur deux points du travail de M. Crugnola. Celui-ci dit que, pour les travaux de réservoirs, il faut employer la maçonnerie de moellons qui est la plus économique, mais, en *opus incertum*, pour constituer un monolithe, et qu'on peut faire travailler cette maçonnerie à 9 *kg* par cm^2 ; de plus, qu'il faut éviter la maçonnerie de béton dont la résistance est moindre que celle de la maçonnerie de moellons.

Il semble qu'il y a là contradiction.

La maçonnerie qui forme monolithe est bien le béton, car on ne peut pas compter sur l'adhérence du mortier aux moellons surtout quand ceux-ci sont en pierre froide. De plus, en faisant varier les dosages, on peut constituer une maçonnerie de béton dont la résistance variera de 8 à 20 *kg*, tandis que la résistance de la maçonnerie de moellons est donnée non par celle des moellons, mais bien par celle du mortier.

Parlant des fissures qui se produisent dans les murs de réservoirs, M. Crugnola pense qu'elles n'ont pas grande importance et qu'elles se bouchent rapidement d'elles-mêmes.

Sur ce point, M. Coignet n'est pas de l'avis de M. Crugnola. Les fissures proviennent surtout, en dehors des tassements, du fait suivant : c'est que le parement extérieur subissant l'influence des différences de température, la maçonnerie en hiver se contracte et se fend. L'eau traversant alors la fissure délaye le mortier.

M. Coignet pense que, pour éviter cet inconvénient, il serait bon de créer d'avance ces fissures en constituant les murs par fractions de 10, 20 ou 30 *m* de longueur, placées à côté les unes des autres, mais sans être reliées entre elles. On pourrait alors prendre les mesures voulues pour empêcher ces infiltrations à travers ces fissures créées à l'avance, comme par exemple, de garnir la face du côté de l'eau avec du caoutchouc, etc.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Edmond Coignet de cette intéressante analyse et des quelques détails complémentaires qu'il vient de donner. Il ajoute qu'on ne peut que féliciter M. Crugnola du travail si important qu'il nous a envoyé et qui contient des renseignements que, tous, nous pourrons consulter avec fruit.

M. J. PILLET a la parole :

M. PILLET voudrait soumettre à la Société des *épures de Statique graphique relatives à la détermination des moments fléchissants et des efforts tranchants maxima qui se produisent, au passage d'un convoi, dans une poutre droite à une seule travée reposant sur appuis libres.*

Ces épures sont exposées sur le tableau ; la charge roulante est le train type, tel qu'il est défini dans le règlement ministériel du 29 août 1891.

M. Pillet s'occcupe d'abord des moments fléchissants, et il rappelle que c'est toujours au droit d'un essieu que les moments maxima peu-

vent se produire. Par conséquent, il prendra successivement chaque essieu, et il déterminera les représentatives des moments développés au-dessous de lui lorsque le train circulera ; l'enveloppe de toutes ces représentatives donnera la courbe des moments maxima.

Il est inutile de tracer ces courbes en entier ; il suffit de déterminer ceux de leurs points qui concourent à former l'enveloppe des maxima. En général, trois points par essieu suffisent, ainsi qu'on le verra.

Le train est pris dans une position initiale ; il couvre alors toute la poutre, l'essieu de tête de sa première machine étant au-dessus, ou à très peu près au-dessus, de la culée d'origine.

Un premier funiculaire, dit *funiculaire initial*, que M. Pillet recommande de construire par la méthode si expéditive et si précise imaginée par M. E. Collignon, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, donne la valeur initiale de chacun des moments sous essieux.

On fait alors dégager le train en commençant par les wagons, de telle sorte que ce sont les machines qui dégagent en dernier ; chaque fois qu'un nouvel essieu arrive sur la culée d'extrémité un nouveau funiculaire pourrait être construit qui donnerait les valeurs nouvelles des moments ; le tracé de ces funiculaires serait long et pénible.

Mais, fort heureusement, le funiculaire initial donne tous les éléments de ces funiculaires successifs, car ces derniers se déduiraient du premier par un simple changement de base. M. Pillet montre comment en reportant à l'aide d'une bande de papier, d'une part, sur les verticales des essieux les ordonnées du funiculaire initial prises par rapport à ces bases variables, d'autre part, sur les horizontales des points qui viennent d'être obtenus, les distances respectives des essieux qui se dégagent, il est possible d'obtenir, en quelques instants, tous les points qui sont nécessaires au tracé de l'enveloppe des moments maxima.

La détermination des efforts tranchants maxima se fait d'une manière analogue. On détermine d'abord les efforts tranchants développés sous chaque essieu lorsque le train est dans sa position initiale. Le funiculaire de l'épure précédente fournit les principaux éléments de cette détermination. Après quoi, le train est mis en dégagement, et l'effort tranchant de chaque essieu varie. Sa représentative est un polygone qui n'est autre chose qu'un funiculaire dont les ordonnées, comptées à partir d'une base oblique obtenue immédiatement, sont une réduction, dans un rapport constant, du funiculaire initial des moments, tracé sur l'épure précédente.

Ce funiculaire des efforts tranchants est reporté, et ensuite découpé, sur une feuille de carton. On fait passer le patron ainsi obtenu, en l'orientant convenablement, par les extrémités des ordonnées représentatives des efforts tranchants initiaux de chaque essieu ; on suit son contour avec un crayon, et l'enveloppe des polygones ainsi obtenus donne la représentative des efforts tranchants maxima.

Il faut distinguer entre les efforts tranchants développés immédiatement à gauche et ceux développés immédiatement à droite d'un essieu. Ces derniers s'obtiennent en diminuant algébriquement les premiers de tout le poids de l'essieu considéré. Les premiers donnent les maxima positifs et les seconds les maxima négatifs.

M. Pillet fait remarquer que, dans l'exemple qu'il a pris (portée de 41,10 *m*) les maxima positifs se produisent sous l'essieu de tête de la première machine, mais que les maxima négatifs se développent, pendant un certain temps, sous le quatrième essieu de la seconde machine et, pendant un autre, sous le premier essieu du tender de cette même machine ; néanmoins, en valeur absolue, ce sont les maxima positifs qui l'emportent sur les autres et c'est d'après eux que devra se faire le calcul des barres.

Étant donnée la rapidité d'exécution des épures qu'il a expliquées, M. Pillet estime qu'il est inutile de chercher quelles seraient les charges permanentes qui produiraient, *à peu près*, les mêmes effets que les charges mobiles ; il lui paraît plus sûr, et tout aussi rapide, de déterminer exactement ce qui se passe.

C'est à la statique graphique qu'est due la simplicité des épures et M. Pillet termine en se déclarant d'autant plus partisan de cette science d'application qu'il en fait depuis douze ans la base de son enseignement à l'*École spéciale d'architecture* ; elle suffit à tout et elle permet de traiter élémentairement, tout en les démontrant rigoureusement, les points les plus délicats de la résistance des matériaux et de la stabilité des constructions.

M. Bertrand de Fontviolant demande la permission de faire remarquer qu'en ce qui concerne les efforts tranchants, M. Pillet vient de retrouver, par une voie détournée, la proposition connue que voici :

Le polygone représentatif des efforts tranchants produits immédiatement en avant de l'essieu de tête d'un train s'avançant sur un pont à une travée est une courbe funiculaire du système de charges fixes P_1, P_2, P_3... *obtenu en plaçant le train sur le pont en sens inverse de sa marche, de façon que l'essieu de tête* P_1 *se trouve à l'aplomb de l'appui d'entrée, la distance polaire de ce polygone étant d'ailleurs égale à la portée du pont et son premier côté coïncidant avec la droite des appuis.*

Or, il se trouve qu'avec le train-type tel qu'il est défini par le règlement ministériel du 29 août 1891, l'effort tranchant maximum positif et l'effort tranchant maximum négatif en valeur absolue en un point C arbitrairement choisi d'un pont AB, ont lieu au moment où l'essieu de tête du train va franchir le point C, ledit train s'avançant dans le sens AB dans le cas du maximum positif et dans le sens BA dans le cas du maximum négatif.

Il en résulte que le polygone funiculaire du théorème ci-dessus et son symétrique par rapport au milieu I de la travée AB sont précisément les lignes enveloppes des efforts tranchants positifs et négatifs produits par le passage du train soit dans le sens AB, soit dans le sens BA.

On voit donc qu'il suffit de tracer ces deux polygones et que les autres constructions que comporte l'épure de M. Pillet ne sont pas nécessaires.

M. Pillet croit que l'effort tranchant maximum négatif ne se produit pas forcément au-dessous de l'essieu de tête de la première locomotive. Le contraire résulterait de son tracé qui montre que pour le train-type considéré le moment maximum négatif se trouve sous un autre essieu, le huitième.

M. Bertrand de Fontviolant maintient que les deux polygones funiculaires dont il a parlé constituent les lignes enveloppes des efforts tranchants positifs et négatifs produits par le passage du train-type ; il ajoute que s'il en est autrement dans l'épure présentée à la Société, c'est que cette épure est incorrecte.

M. Pillet répond que ce n'est pas forcément sous l'essieu de tête que se produiront les efforts tranchants (positifs ou négatifs suivant le sens de la marche), dont les maxima, en valeur absolue, sont à considérer. Pour le train-type étudié et pour la portée de pont admise ce sont bien eux qui, en définitive, l'emporteront sur tous les autres et qui devront entrer dans les calculs du constructeur. L'épure de M. Pillet est juste, mais elle n'indique pas le retournement d'usage qui permettrait, faisant le choix entre les maxima positifs et les maxima négatifs, de montrer qu'il en est ainsi. Mais M. Pillet tient à faire remarquer que pour une autre répartition des charges sur les essieux il se pourrait que, sinon pour la totalité de la travée, du moins pour une partie, ce fût sous un essieu intermédiaire que se produisissent les efforts tranchants maxima à faire entrer dans les calculs.

M. le Président remercie M. J. Pillet de sa communication qui sera insérée au bulletin.

M. É. Lippmann a la parole pour continuer l'*exposé du voyage en Hollande*. Il décrit les principaux travaux visités pendant la troisième journée à Ymuiden et à Amsterdam, mais, vu l'heure avancée, la fin de sa communication est remise à la séance du 4 mars.

La séance est levée à onze heures et demie.

ÉPURES

SUR LES

MOMENTS FLÉCHISSANTS ET EFFORTS TRANCHANTS

développés par le passage d'un train

SUR UNE POUTRE A UNE TRAVÉE REPOSANT LIBREMENT SUR SES APPUIS

PAR

J.-J. PILLET

I

Moments fléchissants.

1. *Train type.* — Le règlement officiel du 29 août 1891 prévoit le passage, sur les ponts de chemins de fer, d'un *train type* composé comme l'indique le tableau ci-dessous.

Train type.

DÉSIGNATION	MACHINE	TENDER	WAGON CHARGÉ
Nombre d'essieux	4	2	2
Charge par essieu	14 *t*	12 *t*	8 *t*
Distance du tampon d'avant au premier essieu.	2,60 *m*	2 *m*	1,50 *m*
Écartement des essieux entre eux	1,20 *m*	2,50 *m*	3 *m*
Distance du dernier essieu au tampon d'arrière.	2,60 *m*	2 *m*	1,50 *m*
Poids total	56 *t*	24 *t*	16 *t*
Longueur totale	8,80 *m*	6,50 *m*	6 *m*

C'est ce train type dont nous étudierons les effets.

Le nombre de wagons qui composent le train pouvant être considérable, il n'existe pour ainsi dire pas de ponts, à une seule travée, qui ne soient sujets, à un instant donné, à être couverts de wagons sur la totalité de leur longueur.

2. *Funiculaire initial.* — Pour calculer les valeurs maxima des

moments fléchissants ainsi que celles des efforts tranchants, voici comment nous opérons *(fig. 1, pl. 56)* :

Nous supposons que la machine de tête est placée sur la culée d'origine A, ou du moins très près de cette culée, et que le train type est placé derrière elle sur toute la longueur du pont. Dans l'exemple choisi *(fig. 1)* le pont ayant 41,10 *m* de portée, il tient sur lui deux machines, deux tenders et deux wagons.

Pour cette position initiale nous construisons en ACDEF...RSB le *funiculaire initial* des moments fléchissants. Nous recommandons d'employer la méthode que M. Collignon, Inspecteur général des ponts et chaussées, a indiquée *(Annales des Ponts et Chaussées*, juillet 1885). Elle donne une grande précision, elle est rapide et elle demande très peu de place.

Sur notre épure les échelles sont :

Longueurs	5 *mm* pour 1 *m*.
Forces	2 *mm* pour 1 *t*
Moments	9,7 *mm* pour 100 *t-m*
Distance polaire	$d = 20{,}55$ *m*

L'échelle des moments est une conséquence de l'échelle des forces et de la distance polaire, laquelle est ici égale à la demi-portée.

Une tonne (soit 2 *mm)* représente donc 20,55 *t-m*, ce qui, pour 100 *t-m*, donne une échelle de 200 *mm* : 20,55 = 9,7 *mm*.

3. *Funiculaires de dégagement.* — Nous allons maintenant faire dégager le train par la droite ; les essieux vont donc sortir dans l'ordre S, R, Q..., etc... Nous désignerons par ∂s, ∂r, ∂q... les distances de chaque essieu à l'extrémité B : nous ferons donc parcourir successivement au train les *distances de dégagement* ∂s, ∂r, ∂q... et, chaque fois qu'un essieu nouveau arrivera sur la pile B, nous construirons le funiculaire des moments. Mais, ainsi qu'on peut le prévoir, il sera inutile de construire chaque fois le funiculaire tout entier, puisque les seules lignes qui nous intéresseront seront celles qui délimiteront le contour extérieur du diagramme définitif des moments maxima (*).

(*) Pour abréger, nous nommerons *curseur* d'un essieu, l'extrémité M, ou Ms, ou Mr... de l'ordonnée représentative du moment qui est développé, à un instant donné, au-dessous de cet essieu.

Chaque position de curseur est indiquée par une double lettre; *Exemple :* Ms indique le curseur de l'essieu M au moment où l'essieu S va sortir; H*q* indique le curseur de l'essieu H au moment où l'essieu Q va sortir.

Raisonnons pour un essieu, l'essieu E, par exemple :

Dans la première position du train, son *curseur* est E; dans la seconde position, c'est-à-dire lorsque l'essieu S est arrivé en B, son curseur est arrivé en E*s;* dans son passage de la position E à la position E*s*, il aurait décrit un arc de parabole que nous devrions tracer ; mais la flèche de cet arc serait tellement petite que, pour l'instant, nous nous contenterons de tracer sa corde E — E*s*; et il en sera de même pour toutes les trajectoires des curseurs.

Graphiquement, nous devons donc nous contenter de tracer les trajectoires qui concurrent à former le contour extérieur; on va voir que cela se réduit à peu de chose et s'obtient par un tracé très simple et très rapide que nous allons expliquer.

(4) *Trajectoires successives des curseurs d'essieux.* — Cherchons les positions et, par suite, les trajectoires successives E*s* — E*r* — E*q*... du curseur d'un essieu quelconque, E par exemple. Sa première position est E; — faisons voyager le train et amenons le dernier essieu, S, au-dessus de B, par un parcours égal à δs.

Pour avoir le funiculaire des moments répondant à cette position nouvelle du train, nous n'avons pas à refaire une nouvelle construction ; il nous suffit de prendre le *funiculaire initial*, mais de lui donner pour base la ligne oblique SS_1 qui passe à droite par le curseur S et à gauche par un point S_1 situé sur le *côté initial* R_1A_γ du funiculaire ACDE...RSB, à une distance, comptée horizontalement, égale à la distance de dégagement δs.

Nous nommerons cette ligne SS_1 la *sécante de correction* S.

Nous pouvons donc dire, lorsque l'essieu S va dégager :

1° Le moment sous l'essieu E aura pour valeur l'ordonnée $s'E$, comptée entre le curseur primitif E et la sécante de correction S : nous prendrons donc sur l'ordonnée du point E et au-dessus de lui une hauteur $sE = s'E'$;

2° Mais, comme le train s'est déplacé de toute la distance δs, il a entraîné avec lui l'essieu E et son curseur ; nous tracerons donc, dans le sens du mouvement du train, l'horizontale s — E*s* égale à δs, et nous obtiendrons en E*s* la seconde position du curseur E.

Le tracé est général et fait connaître immédiatement n'importe quelle position d'un curseur quelconque. On peut le résumer ainsi :

On mène d'abord toutes les sécantes de correction SS_1 — RR_1 ...PP″ — NN″ — MM″... (comme ces dernières eussent recoupé le

côté initial en dehors des limites de l'épure, nous dirons plus loin comment on a procédé pour les obtenir).

Cela fait, pour avoir la position d'un curseur répondant au dégagement d'un essieu donné :

1° On remonte (ou on descend suivant les cas) le curseur primitif de toute la longueur de l'ordonnée correspondante de la sécante de correction de l'essieu dégageant ; c'est l'*ordonnée de correction ;*

2° On le déplace ensuite, dans le sens de la marche du train, de toute la longueur de dégagement de ce même essieu dégageant.

Ces opérations se font rapidement en reportant les ordonnées de correction et les longueurs de dégagement sur une bande de papier.

On remarquera qu'en cherchant trois positions successives pour chaque curseur, cela suffira généralement pour voir se dessiner très nettement le contour enveloppant.

(5) *Parabole de charge permanente.* — On tracera au-dessous, en AO″B, la parabole des moments de charge permanente, et les ordonnées définitives seront à compter entre cette parabole et le contour enveloppe des moments maxima de charge mobile, que nous venons de déterminer.

Dans le cas actuel, nous avons admis que la charge permanente q, due au poids propre du pont, était de 2,5 t par mètre courant, ce qui, pour une longueur de 41,10 m, donnait une charge totale :

$$Q = 41{,}10 \times 2{,}5\ t = 102{,}750\ t,$$

et, à l'échelle des funiculaires *Collignon* ($d = 1/2l$), nous avons pris la hauteur de cette parabole égale au quart de la charge Q, c'est-à-dire égale à 25,798 t, mesurée à l'échelle des forces.

(6) *Trajectoires paraboliques partielles.* — Si le pont est à grande ou à moyenne portée, comme est celui que nous étudions, il est inutile de joindre par les arcs voulus de parabole deux positions successives du curseur d'un même essieu, car la flèche de ces arcs est si petite qu'elle est négligeable par rapport à la grande représentative des moments maxima.

Pour les ponts à petite portée, il n'en serait pas de même. Il faudrait calculer les flèches de chacun de ces arcs. On y arrivera comme suit :

1° A chaque intervalle partiel de dégagement répond un patron de parabole qui, s'il avait pour base la portée totale l de la poutre,

aurait, à l'échelle des funiculaires *Collignon*, une hauteur de flèche H = 1/2P, P étant la surcharge agissant sur la poutre pendant la phase correspondante du dégagement. On calcule d'abord cette flèche H du patron total (*) ;

2° La flèche *h* du patron partiel est à la flèche précédente H comme le carré l'^2 de la largeur de ce patron partiel est au carré l^2 de la largeur du patron total.

Exemple : Pendant la phase de dégagement $\widetilde{P — N}$, l'essieu P vient de dégager, l'essieu N va dégager à son tour : la surcharge agissant sur la poutre est égale à 192 *t*, poids total du train BDC... RS, diminué du poids des essieux dégagés S (8 *t*), R (8 *t*) et P (8 *t*) : elle est donc égale à 192 — 24 = 168 *t*. Le patron total de la parabole correspondante aurait pour hauteur :

$$H = 1/2 \times 168 = 84\ t,$$ mesurée à l'échelle des forces.

Mais, la distance partielle *l'* de dégagement $\widetilde{P — N}$ est égale à 3 *m*, distance entre les essieux P et N, tandis que la portée de la poutre, c'est-à-dire la base du grand patron précédent, est *l* = 41,10 *m* ; on aura donc

$$\frac{h}{H} = \frac{l'^2}{l^2}, \qquad \text{ou} \qquad h = 84 \times \frac{3^2}{41{,}10^2} \qquad \text{d'où}$$

$$h = 84 \times 0{,}0054 = 0{,}4536\ t.$$

On voit que, mesurée à l'échelle des forces, cette flèche est très peu sensible. Sa faible valeur tient à la grandeur du dénominateur $(41{,}10)^2$; c'est pourquoi si la portée *l* étant faible la flèche, *h*, ne serait pas négligeable et il faudrait tracer l'arc de parabole ; on le fait très simplement de la manière suivante.

(7) *Tracé des paraboles partielles.* — Soient E*p*, E*n* deux positions d'un même curseur répondant à un intervalle de dégagement *l'* (*pl. 56, fig. 2*) ; soit *h* la petite flèche calculée comme ci-dessus.

1° On partage (à vue d'œil cela suffit presque) la corde en 4 parties égales aux points *f'*I et *g'* et on porte en *f'f* — *h* et *g'g*, sur les

(*) Cela résulte de théorèmes connus dont il n'est pas inutile de rappeler l'énoncé.

Théorème I. — Lorsqu'une charge concentrée en un point circule sur une poutre, les moments fléchissants développés au-dessous d'elle ont pour représentative une parabole qui est la même que celle qui représenterait les moments fléchissants dus à une charge permanente, uniformément répartie, qui aurait une valeur double.

Théorème II. — Le moment fléchissant développé au-dessous d'un essieu quelconque d'un train mobile a pour représentative une parabole tracée avec le même patron que celui qui, d'après le théorème I, aurait servi pour la charge engagée sur le pont, en supposant cette charge concentrée en un point.

trois verticales de ces points, la flèche h : cela donne le point milieu de l'arc de parabole et en fg la tangente en ce point.

2° On prend en t, t, t, t les milieux des lignes Epf — fg — gEn ; on joint les points t ; ce qui donne deux nouvelles tangentes dont les points de contact sont placés au milieu de leur longueur.

(8) ***Détails d'exécution.*** — *(a)* Le côté initial AT *(fig. 1)* du funiculaire initial joue un rôle considérable dans cette épure et demande à être tracé très exactement. Comme vérification on remarquera que, si l'on considère la première machine, son tender et la machine suivante, c'est-à-dire les essieux BCDE — FG — HIJK, la résultante de leurs poids doit, à cause de la symétrie, passer à égale distance des esssieux F et G ; mais, d'autre part, cette résultante doit passer par le point de rencontre γ du côté initial R_1A et du côté $K\gamma$ du funiculaire, lequel est, sur notre épure, le côté moyen, déterminé avec beaucoup de précision. Cela nous donne avec A un second point γ, très exact, pour le côté initial.

(b) Les sécantes de correction, à partir de celle du sommet P, rencontreraient le côté initial γAR, très en dehors de l'épure. Nous les avons tracées en cherchant les points tels que P″, où elles recouperaient la base AB (v. *fig. 3*) ; voici le tracé :

1° On joint BP, et on mène PC parallèle au côté Av.

2° On mène la droite Cv parallèle à BP et on prend en v sa rencontre avec le côté initial.

3° La distance x du point v à la verticale d'origine Aw donne, en la reportant de C en P″, le point P″ où la sécante de correction PP_1 doit rencontrer la base AB ; ce qui dispense de chercher le point P_1. (Démonstration très facile par les triangles semblables ; nous ne la donnerons pas.)

II

Efforts tranchants.

(9) *Efforts tranchants dus à la charge permanente.* — La figure 4, planche 56, donne l'épure des efforts tranchants ; afin de disposer de la place voulue nous avons adopté, pour les forces, l'échelle de 1 *mm* par tonne, c'est-à-dire une échelle moitié de celle adoptée pour l'épure des moments. Nous traçons d'abord l'oblique de charge permanente WO… ; sa moitié inférieure a été retournée sy-

métriquement en OW' par rapport à la base AB, à cause du manque de place et, aussi, parce que les efforts tranchants négatifs devront être, suivant l'usage, retournés autour de AB comme charnière.

Cette oblique intercepte sur les verticales d'origine et d'extrémité des longueurs AW et BW' égales à la moitié de la charge permanente, soit 51,375 *t*. Elle est la représentative des efforts tranchants dus à la charge permanente *q*.

(10) ***Efforts tranchants initiaux dus à la charge mobile.*** — Cherchons les positions initiales C_0, D_0, E_0... S_0 des ***curseurs d'efforts tranchants*** de chaque essieu.

(a) ***Conventions.*** — Nous nommons curseurs d'efforts tranchants les extrémités des ordonnées représentatives des efforts tranchants développés au-dessous de chaque essieu. L'indice zéro indique que l'essieu appartient au convoi dans sa position initiale. Les indices *s*, *r*, *q*..... *n*, *m*.... indiqueront que l'effort tranchant est pris au moment où l'essieu S, ou R, ou Q... est sur le point de se dégager.

Enfin, un accent indiquera qu'il s'agit de l'effort tranchant développé ***à droite*** de l'essieu, tandis que la lettre sans accent indiquera l'effort tranchant développé sur la section située à une distance infiniment petite ***à gauche*** de ce même essieu.

Exemple. — 1° C*p* (***fig.*** 4-I) est le curseur de l'effort ***tranchant gauche*** de l'essieu C à l'instant où l'essieu P est arrivé sur l'extrémité B de la poutre.

2° L'*q* (***fig.*** 4-II) est le curseur de l'effort ***tranchant droite*** de l'essieu L à l'instant où l'essieu Q est en dégagement.

Le signe — qui précède ce dernier indique que ce curseur aurait dû être placé au-dessous de AB, c'est-à-dire dans la région négative, et que c'est un retournement qui nous l'a donné.

Cela posé : cherchons l'effort tranchant C_0 sous le premier essieu. Si la charge permanente n'existait pas il serait égal à la réaction WX_0 du convoi sur l'appui A. Le funiculaire de la figure 1 nous donne cette réaction.

(b) ***Réaction de l'appui d'origine.***

En effet, s'il nous était possible de prolonger sur cette figure 1 le côté initial AT du funiculaire jusqu'à sa rencontre avec la verticale milieu, il intercepterait sur cette verticale une longueur précisément égale à la réaction cherchée (voir la note citée de M. Collignon); il faudrait ensuite en prendre la moitié pour la ramener à l'échelle de la figure 4. Par conséquent, traçons en TT'

(*fig. 1*) une verticale située *au quart* (*1/4 l*) de la portée et elle interceptera une longueur TT′ qui, à l'échelle des forces de la figure 4, sera égale à la réaction cherchée.

(*c*) *Positions initiales des curseurs*. — Dès lors, pour avoir le curseur C_0, nous portons la longueur précédente de C″ en C_0, à partir de l'oblique de charge permanente.

Faisons cette opération à l'aide d'une bande de papier sur laquelle le point C″ sera marqué comme un point de repère que nous ferons, tout à l'heure, glisser sur les obliques de charge permanente WO et OW′.

Pour avoir l'effort tranchant de droite C'_0 et ensuite tous les efforts tranchants tant de gauche (D_0, E_0...) que de droite (D'_0, E'_0...), portons sur cette bande de papier les poids successifs des essieux dans l'ordre C (*14 t*) D (*14 t*) E (*14 t*) F (*14 t*) G (*12 t*), etc... Plaçons alors le repère C″ successivement en *d″*, *e″*, *f″*... et, en rétrogradant chaque fois d'une charge d'essieu, nous marquerons les points $D_0D'_0$ — $E_0E'_0$ — $F_0F'_0$, etc... qui seront les positions initiales cherchées.

Lorsque nous arriverons à l'essieu L, c'est-à-dire en *l″*, puis ensuite en *m″ n″*..., nous nous repérerons sur l'oblique retournée OW′ et nous retournerons aussi notre bande de papier; cela nous donnera (*fig. 4*-II) les curseurs négatifs — $L_0L'_0$, — $M_0M'_0$, — $N_0N'_0$, etc.

(*11*) *Trajectoire type des curseurs*. — Suivons maintenant le premier curseur C_0, lorsque le train se dégage par la droite.

On sait que les curseurs décrivent des obliques dont la pente diminue au fur et à mesure que les essieux se dégagent. Nous avons cherché (*fig. 4*-III) les directions successives de ces obliques et, à cet effet, nous conformant à un tracé connu, nous avons opéré comme suit :

1° (*Fig.* III) on a porté à la suite les unes des autres, à partir de W, *la moitié* de chacune des charges des essieux, ce qui a donné les points C, D, E, ..., S, sur la verticale d'origine.

2° On a joint les points ainsi obtenus au point O, centre de la poutre, ce qui a donné les directions des *obliques de charges partielles*.

3° On a placé (voir en haut de l'épure) en S′, R′, Q′, P′, ..., C′ les essieux dans l'ordre de dégagement, c'est-à-dire *tête en queue*, et, par ces points S′, M′, ..., on a mené des verticales.

4° Partant alors du curseur C_0 on a tracé C_0, C_1 (*fig.* I) parallèle à l'oblique OS (*fig.* III) jusqu'à sa rencontre avec la verticale S′, ce

qui a donné le curseur C_s. On a tracé $C_s - C_r$ parallèle à l'oblique OR (*fig.* III) jusqu'à sa rencontre avec la verticale R' et ainsi de suite, de proche en proche, ce qui a donné la trajectoire du premier curseur $C_0 - Cs - Cr \ldots Ci - Ch \ldots Cf - Ce - Cd - Cc$. Telle est la *trajectoire-type*. Nous la piquons sur une feuille de papier fort et nous la découpons afin de nous en servir comme patron pour les autres curseurs. Faisons les remarques suivantes :

(a) La dernière position Cc du curseur doit se confondre avec le point W' qui forme l'extrémité inférieure de l'oblique de charge permanente. En effet, comme à cet instant il n'y a plus de convoi sur le pont, on ne doit plus trouver comme effort tranchant que celui qui est dû à la charge permanente. Cela fournit une vérification précieuse du tracé.

(b) En y regardant de près, on voit que cette *trajectoire-type* n'est autre chose qu'un funiculaire qui, avec la distance polaire $d = 1/2\ l = AO$, serait construit sur les *demi-charges* des essieux. Par conséquent, on pourrait avantageusement le déduire du grand funiculaire de la figure 1.

On reconnaîtra facilement que les ordonnées $R''Cr - Q''Cq - P''Cp$, ..., etc. de cette trajectoire, comptées à partir de la corde C_0W', sont égales *au quart* des ordonnées du grand funiculaire de la figure 1, en prenant ce dernier *tête en queue*. Ce coefficient un quart provient : 1° de ce que l'échelle des forces est la moitié de celle de la figure 1, et 2° de ce que les forces du funiculaire qui constitue cette trajectoire-type sont moitié aussi de celles du grand funiculaire de la figure 1, tandis que la distance polaire est la même.

En résumé, on voit que le tracé (*fig.* III) des obliques de charges partielles est inutile, et qu'il suffit de prendre à partir de C_0W des ordonnées égales au quart des ordonnées du funiculaire initial ACD ... DSB de la figure 1, *mais en comptant ces dernières à partir de la base* BC (*).

(12) *Trajectoires des autres curseurs.* — Il résulte d'une théorie connue que les autres curseurs décriront des trajectoires de même patron que celle du curseur C_0. Par conséquent on n'aura, pour

(*) A la suite de cette communication, *M. Bertrand de Fontviolant* a rappelé et démontré le théorème suivant qui permettrait d'arriver plus rapidement aux conclusions ci-dessus :

Le polygone représentatif des efforts tranchants produits immédiatement en avant de l'essieu de tête d'un train s'avançant sur un pont à une travée est une courbe funiculaire du système de charges fixes P_1, P_2. P_3... obtenue en plaçant le train sur le pont en sens inverse de sa marche, de façon que l'essieu de tête P_1 se trouve à l'aplomb de l'appui d'entrée, la distance polaire de ce polygone étant d'ailleurs égale à la portée du pont et son premier côté coïncidant avec la droite des appuis.

les obtenir, qu'à placer le point C_o du patron découpé, indiqué ci-dessus, successivement en C'_o — D_o et D'_o — E_o et E'_o ..., etc. On l'orientera convenablement, ce qui sera facile en traçant des verticales et des horizontales de repère, aussi bien sur l'épure que sur le patron. En suivant alors avec un crayon le contour du patron, on aura toutes les trajectoires.

(13) *Diagramme définitif.* — 1° Nous n'avons pas tracé les trajectoires lorsqu'il était évident qu'elles restaient à l'intérieur de la trajectoire-type ; nous n'avons fait que les amorcer.

2° Lorsque nous sommes arrivés aux curseurs L_o et L'_o, nous avons dû retourner le patron.

3° Il est à remarquer que, sur notre épure (laquelle est faite pour le train ne marchant que dans un sens), tandis que pour les efforts positifs (*fig.* 4-I) c'est la trajectoire de gauche de l'essieu de tête C qui l'emporte sur les autres, pour les efforts négatifs (*fig.* 4-III), c'est la trajectoire de droite L'_o — $L's$ — $L'r$ ... du quatrième essieu de la deuxième machine qui se trouve en dehors et que même, vers l'extrémité, à partir du point δ, c'est la trajectoire de l'essieu N (2e essieu du 2e tender) qui l'emporte à son tour.

4° Néanmoins, comme il faut prévoir la marche dans les deux sens, on doit retourner la figure autour de la verticale milieu OO' ; on reconnait alors que ce sont les efforts tranchants de gauche C_o — Cs — Cq ... du premier essieu de la première machine qui sont les plus importants et que ces efforts sont positifs, quand ils s'appliquent à la moitié de gauche de la poutre, tandis qu'ils seront négatifs quand ils s'appliqueront à celle de droite. Lorsque le train circulera dans l'autre sens, les efforts tranchants développés sous ce même essieu de tête donneront les maxima négatifs égaux aux premiers, en valeur absolue.

Ce sont eux qui imposeront les dimensions de l'âme de la poutre, si celle-ci est pleine, ou celles de ses barres, si elle est évidée, c'est-à-dire à croisillons, à triangles ou en treillis.

5° Avec le train distribué comme nous l'avons fait et pour la portée que nous avons admise, c'est sous l'essieu de tête que se produisent les efforts tranchants maxima. Mais si l'on disposait autrement les véhicules, si, par exemple, les machines étaient placées nez à nez et si la portée était un peu plus faible, il y aurait une partie de la poutre pour laquelle les efforts tranchants maxima seraient à prendre sous un autre essieu que celui de tête.

SUR LA DÉTERMINATION

DES

EFFORTS TRANCHANTS MAXIMUMS

PRODUITS

DANS UN PONT A UNE TRAVÉE PAR LE PASSAGE DU TRAIN-TYPE

défini par le Règlement ministériel du 29 Août 1891

PAR

BERTRAND DE FONTVIOLANT

La présente note a pour objet de justifier les assertions que nous avons émises dans la séance du 19 février, sur la question de la recherche des efforts tranchants maximums produits dans un pont à une travée, par le passage du train-type défini par le règlement ministériel du 29 août 1891.

CONDITIONS DANS LESQUELLES ONT LIEU LES EFFORTS TRANCHANTS MAXIMUMS

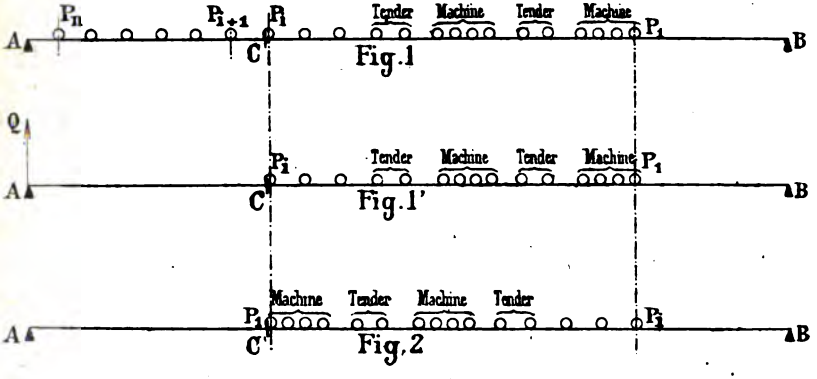
Le passage du train-type développe, en un point quelconque, des efforts tranchants dont les valeurs sont positives ou négatives suivant la position qu'occupe ce train. C'est le maximum positif et le maximum négatif (en valeur absolue) de ces efforts tranchants, qu'il faut déterminer en chaque point du pont.

Nous allons démontrer qu'ainsi que nous l'avons dit dans la séance du 19 février :

En un point C quelconque, l'effort tranchant maximum positif, produit par le passage du train-type, a lieu lorsque, ce train étant engagé sur le pont dans le sens AB, son essieu de tête va arriver à l'aplomb du point considéré. L'effort tranchant négatif, maximum en valeur absolue, a lieu dans les conditions inverses, c'est-à-dire lorsque le train étant engagé dans le sens BA, son essieu de tête va arriver à l'aplomb du point C.

Pour fixer les idées, considérons l'effort tranchant maximum négatif; la démonstration serait d'ailleurs la même en ce qui concerne l'effort tranchant maximum positif.

Pour établir la partie du théorème relative au sens dans lequel le train doit être engagé sur le pont, il suffit de montrer qu'étant donnée une position quelconque du train engagé dans le sens AB, à laquelle correspond en C un effort tranchant négatif *(fig. 1)*, on peut toujours trouver une autre position du train engagé, au contraire, dans le sens BA *(fig. 2)*, à laquelle correspond en C un effort tranchant négatif plus grand en valeur absolue que le premier.



On déduit cette seconde position *(fig. 2)* de la première *(fig. 1)* en supprimant les charges P_{i+1} ... P_n situées à gauche de C et en retournant bout pour bout le système des charges P_1, P_2 ... P_i situées à droite de C.

On sait que toute charge agissant à gauche de C produit en ce point, un effort tranchant *positif;* donc, en supprimant les charges P_{i+1} ... P_n, nous augmentons, en valeur absolue, l'effort tranchant négatif en C. Après cette suppression, l'effort tranchant en C devient égal à la réaction Q sur l'appui A produite par les charges P_1 ... P_i *(fig. 1')*, et il est clair qu'en retournant ce système de charges, bout pour bout *(fig. 2)*, on augmente cette réaction en valeur absolue puisqu'on rapproche ainsi les plus lourdes charges de l'appui A.

Le cas de surcharge de la figure 2 donne donc lieu, en C, à un effort tranchant négatif plus grand, en valeur absolue, que celui de la figure 1.

C'est ce qu'il fallait établir.

Pour justifier la seconde partie du théorème qui concerne la position du train, il faut montrer que :

1° Tant que l'essieu de tête du train engagé dans le sens BA n'est pas arrivé immédiatement à droite du point C *(fig. 3)*, l'effort tranchant en C augmente en valeur absolue.

2° Quand un nombre quelconque d'essieux de tête ont dépassé le point C *(fig. 4)*, l'effort tranchant en ce point est moindre, en valeur absolue, que dans le cas de la figure 3.

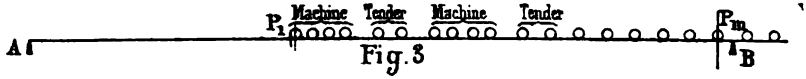


Fig. 3

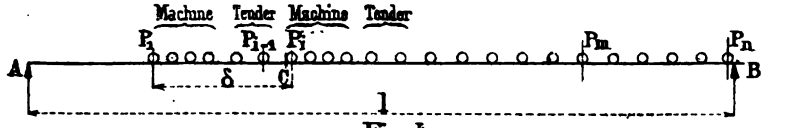


Fig. 4

Le 1° est évident, puisque, tant qu'aucun essieu n'a franchi C, l'effort tranchant en ce point est égal à la réaction de l'appui A, laquelle augmente en valeur absolue au fur et à mesure que le train s'avance.

Quant au 2°, il nécessite quelques explications.

Soient : m le nombre d'essieux engagés sur le pont dans le cas de la figure 3; x l'abscisse de l'un quelconque d'entre eux rapportée à l'appui de droite B;

n le nombre similaire dans le cas de la figure 4; x' l'abscisse d'un quelconque de ces n essieux;

δ le chemin parcouru par le train pour passer de la position de la figure 3 à celle de la figure 4, en sorte que pour les m essieux de tête, on a

$$x' = x + \delta. \tag{1}$$

Dans le cas de la figure 3, la valeur absolue T de l'effort tranchant négatif en C est

$$T = \frac{\sum_{1}^{m} Px}{l}, \tag{2}$$

l désignant la portée du pont.

Dans le cas de la figure 4, la valeur absolue de cet effort tranchant devient

$$T' = \frac{\sum_{1}^{n} P x'}{l} - \sum_{1}^{i-1} P. \tag{3}$$

Mais

$$\sum_{1}^{n} P x' = \sum_{1}^{m} P x' + \sum_{m+1}^{n} P x',$$

ou, à cause de (1),

$$\sum_{1}^{n} P x' = \sum_{1}^{m} P x + \delta \sum_{1}^{m} P + \sum_{m+1}^{n} P x'.$$

Or, pour toutes les charges P_{m+1}..... P_n qui ne se trouvaient pas sur le pont dans le cas de la figure 3, l'abscisse x' est plus petite que le chemin δ qu'elles ont parcouru pour s'engager sur le pont, en sorte que

$$\sum_{m+1}^{n} P x' < \delta \sum_{m+1}^{n} P;$$

donc

$$\sum_{1}^{n} P x' < \sum_{1}^{m} P x + \delta \sum_{1}^{m} P + \delta \sum_{m+1}^{n} P,$$

ou

$$\sum_{1}^{n} P x' < \sum_{1}^{m} P x + \delta \sum_{1}^{n} P,$$

En rapprochant cette inégalité de la relation (3), il vient

$$T' < \frac{\sum_{1}^{m} P x + \delta \sum_{1}^{n} P}{l} - \sum_{1}^{i-1} P,$$

ou, à cause de (2),

$$T' < T + \frac{\delta}{l} \sum_{1}^{n} P - \sum_{1}^{i-1} P;$$

ou, finalement,

$$T' - T < \frac{\delta}{l} \sum_{1}^{n} P - \sum_{1}^{i-1} P.$$

Dès lors, pour démontrer que T′ est plus petit que T, il suffit de faire voir que

$$\frac{\delta}{l}\sum_{1}^{n} P - \sum_{1}^{i-1} P < 0,$$

ou bien que

$$\frac{\sum_{1}^{n} P}{l} < \frac{\sum_{1}^{i-1} P}{\delta}. \qquad (4)$$

Le premier membre de cette inégalité représente le poids uniforme par mètre courant qu'on obtiendrait en répartissant le poids total des n charges P sur toute la longueur l du pont; le second est le poids analogue obtenu en répartissant les $i-1$ charges de tête sur la longueur δ qu'elles occupent.

Or, les charges de tête sont les plus lourdes et les plus rapprochées les unes des autres (les essieux de machine sont chargés à 14 t chacun et ceux de tender à 12 t, tandis que ceux de wagon ne portent que 8 t). Il est clair, par conséquent, que le second des poids uniformes ci-dessus est toujours supérieur au premier, quel que soit d'ailleurs le nombre $i-1$.

L'inégalité qui précède est donc justifiée.

CONSTRUCTION DES LIGNES ENVELOPPES DES EFFORTS TRANCHANTS MAXIMUMS POSITIFS ET NÉGATIFS

De la proposition qui vient d'être établie, il résulte que :

1° La ligne enveloppe des efforts tranchants positifs produits par le passage du train-type se confond avec le polygone représentatif des efforts tranchants développés immédiatement en avant de l'essieu de tête, lorsque ce train franchit le pont dans le sens AB.

2° La ligne enveloppe des efforts tranchants négatifs se confond avec le polygone représentatif des efforts tranchants produits immédiatement en avant de l'essieu de tête, lorsque le train franchit le pont dans le sens BA.

La construction de chacun de ces deux polygones est immédiatement fournie par le théorème bien connu que voici :

Le polygone représentatif des efforts tranchants produits immédiatement en avant de l'essieu de tête d'un train s'avançant sur un pont à une travée, est un polygone funiculaire du système des charges fixes P_1, P_2, P_3 ..., obtenu en plaçant le train sur le pont en sens inverse de sa

marche, de façon que l'essieu de tête P_1 se trouve à l'aplomb de l'appui d'entrée, la distance polaire de ce polygone étant d'ailleurs égale à la portée du pont et son premier côté coïncidant avec la droite des appuis.

On remarquera que les deux polygones enveloppes sont symétriques l'un de l'autre par rapport au milieu I du pont.

En résumé, la détermination des lignes enveloppes des efforts tranchants maximums positifs et des efforts tranchants négatifs, maximums en valeur absolue, se réduit au tracé d'un polygone funiculaire des charges du train-type et de son symétrique.

Point n'est donc nécessaire de faire les autres constructions que comporte l'épure de M. Pillet (*).

Nous avons cru utile de présenter ces quelques remarques, en raison de l'intérêt qui s'attache à simplifier, autant que possible, les méthodes de calcul des ponts métalliques.

(*) Cette conclusion s'applique non seulement au train-type, mais plus généralement à tout autre train dans lequel la répartition des charges sur les essieux satisfait à l'inégalité (4).

Par contre, on peut concevoir un train où les charges de tête seraient assez faibles comparativement aux suivantes pour que cette inégalité n'ait pas toujours lieu. Dans ce cas les maximums des efforts tranchants ne se produiraient plus nécessairement dans les conditions que nous avons indiquées, et il faudrait alors recourir à l'epure complète de M. Pillet qui avait pleinement raison de dire que, pour certaines distributions des charges sur les essieux, les efforts tranchants maximums n'ont pas toujours lieu devant l'essieu de tête. Nous n'avons, du reste, pas contesté ce point, nos observations ayant porté exclusivement sur le train-type.

NOTES

DE

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

SUR

les Déplacements élastiques dans les Arcs,
les Poutres droites encastrées à une seule travée,
la Résistance d'un Solide élastique sous l'action d'une force pivotante
et les Prismes chargés de bout

PAR

M. F. CHAUDY

NOTE I.

Sur les déplacements élastiques d'un arc estimés suivant une direction parallèle à la corde.

Lorsqu'on se propose d'étudier les déformations de la ligne moyenne d'une poutre, il y a lieu, en général, de rechercher pour chaque point de cette ligne les déplacements élastiques suivant deux directions rectangulaires. Pour les poutres droites, que nous supposons horizontales et chargées verticalement, les déplacements horizontaux sont de deuxième ordre et on peut par conséquent les négliger. Mais, pour les poutres en arc, ces déplacements horizontaux ont la même importance — sauf pour les arcs très surbaissés — que les déplacements verticaux. Il importe donc de savoir déterminer ceux-là aussi bien que ceux-ci.

En ce qui concerne les déplacements verticaux d'un arc, aucune difficulté ne se présente dans leur détermination. On sait facilement tracer un polygone funiculaire des forces $\frac{M}{EI}ds$ appliquées

verticalement en chaque point de la ligne moyenne, dans un sens ou dans l'autre selon le signe du moment fléchissant M. Ce polygone une fois tracé, il suffit de mener sa ligne de fermeture, c'est-à-dire de joindre par une droite les points de rencontre du polygone avec les verticales des extrémités de l'arc. Les segments verticaux compris entre le polygone et sa ligne de fermeture représentent les déplacements élastiques de même direction à une certaine échelle.

Ainsi, on peut tracer immédiatement la ligne de fermeture des forces fictives verticales $\frac{M}{EI}ds$. Il n'en est plus de même lorsqu'on se propose de trouver les déplacements horizontaux. Ceux-ci sont fournis par le polygone des forces fictives horizonzales $\frac{M}{EI}ds$; mais, comme les deux extrémités de l'arc ne se déplacent pas horizontalement et que, d'autre part, ces deux extrémités sont situées sur la même horizontale, le polygone en question se ferme de lui-même et, *a priori*, on ne peut pas voir quelle est la direction qu'aura sa ligne de fermeture. Insistons là-dessus en examinant successivement le cas des arcs encastrés et celui des arcs posés sur rotules.

1° Arcs encastrés. — Soit AB un arc que nous supposerons encastré à son extrémité A et posé sur rotule à son extrémité B *(fig. 1)*.

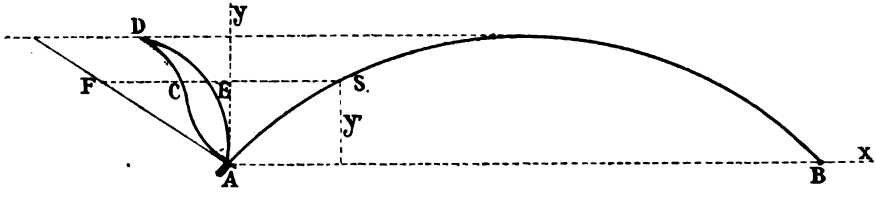


FIG. 1.

Traçons le polygone ACDE des forces horizontales $\frac{M}{EI}ds$. Le déplacement horizontal u du point S de la ligne moyenne a pour expression :

$$u = \Omega' y' + \int_A^S \frac{My}{EI}\,ds, \tag{1}$$

en négligeant l'effet de la compression longitudinale et de l'effort tranchant. D'autre part, on a :

$$\Omega' = \Omega_0 - \int_A^S \frac{M}{EI}\,ds = -\int_A^S \frac{M}{EI}\,ds \tag{2}$$

puisque $\Omega_0 = 0$, l'arc étant encastré en A. Il résulte de là :

$$(3)\quad u = -y' \int_A^S \frac{M}{EI}\,ds + \int_A^S \frac{My}{EI}\,ds = -\int_A^S \frac{M(y'-y)}{EI}\,ds.$$

Menons l'horizontale SF du point S et la tangente en A à la branche du polygone qui correspond à la partie encastrée de l'arc. D'après une propriété connue des polygones funiculaires, on a, au signe près :

$$FC = \int_A^C \frac{M(y'-y)}{EI}\,ds.$$

Ainsi les déplacements u sont représentés par les segments horizontaux compris entre le polygone et la tangente AF. Cette tangente est donc la ligne de fermeture.

Dans le cas d'un arc encastré aux deux extrémités, il va de soi que la tangente AF est commune aux deux parties ACD et AED du polygone. Le problème se résoud donc comme précédemment.

2° *Arc posé sur rotules aux extrémités.* — Dans ce cas, la formule (2) ne se réduit plus à :

$$\Omega' = -\int_A^S \frac{M}{EI}\,ds,$$

puisque Ω_0 n'est plus nul. Mais elle se réduirait ainsi si nous prenions pour origine des coordonnées le centre d'une section qui n'effectue aucune rotation pendant la déformation. Supposons d'abord que, pour l'arc AB, cette section S soit trouvée *(fig. 2)*

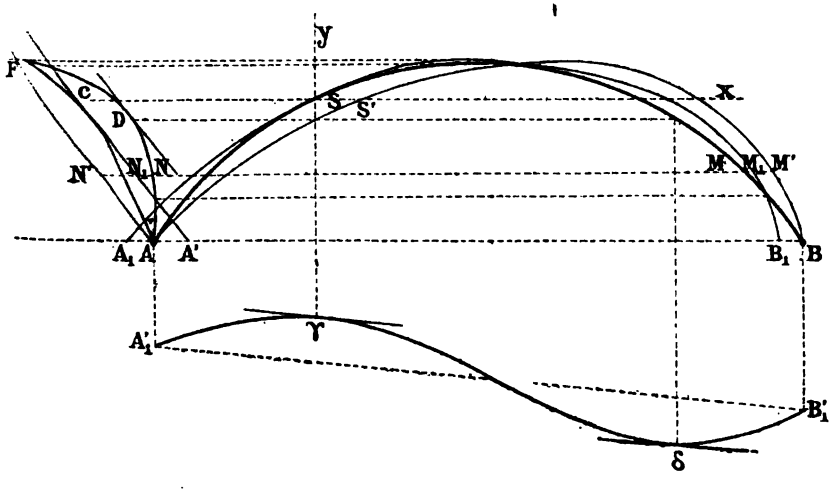


Fig. 2.

Alors les déplacements u sont représentés par les segments horizontaux compris entre le polygone ACDE des forces fictives horizontales $\frac{M}{EI}\,ds$ et la tangente en C à ce polygone. En particulier AA′ représente le déplacement relatif du point A et, en même temps, celui du point B par rapport au point S.

Supposons qu'on trace la ligne A_1SB_1 avec les déplacements fournis par le polygone ACDE et la tangente A′C. Comme, en réalité, les points A_1 et B_1 restent en A et B, pour obtenir les vrais déplacements u, il faut opérer une translation horizontale de la courbe A_1SB_1 sur une longueur $AA_1 = BB_1 = AA'$. On obtient ainsi la courbe AS′B. Or, menons la parallèle AF à la tangente A′C. Pour un point quelconque M de la ligne moyenne, on aura:

$$MM_1 = NN_1$$

$$M_1M' = BB_1 = AA_1 = AA' = N_1N'$$

D'où:

$$\underbrace{MM_1 + M_1M'}_{MM'} = \underbrace{NN_1 + N_1N'}_{NN'}$$

Les déplacements u cherchés sont donc déterminés par le polygone des forces fictives horizontales $\frac{M}{EI}\,ds$ et la parallèle menée par A à la tangente à ce polygone au point qui correspond à l'une des sections de l'arc qui restent dans leurs plans primitifs pendant la déformation. Faisons remarquer ici qu'il peut y avoir plusieurs sections de l'arc qui restent dans leurs plans respectifs pendant l'action des charges. Les tangentes au polygone aux points correspondants devront donc être parallèles.

Ainsi, nous ramenons la question à la détermination des sections de l'arc d'inclinaisons invariables. Soit $A_1'B_1'$ le polygone des forces fictives verticales $\frac{M}{EI}\,ds$. Les segments verticaux compris entre ce polygone et sa ligne de fermeture $A_1'B_1'$ représentent les déplacements élastiques verticaux des points de la ligne moyenne. L'un quelconque de ces déplacements a pour expression analytique :

$$v = -\Omega x - \int \frac{Mx}{EI}\,ds.$$

Si on a $\Omega = 0$, cette formule devient:

$$v = -\int \frac{Mx}{EI}\,ds.$$

Il résulte immédiatement de là que les sections d'inclinaisons invariables correspondent aux points du polygone $A'_1B'_1$ pour lesquels la tangente est parallèle à la ligne de fermeture. On déterminera donc facilement ces points γ et δ, desquels on déduira les points C et D.

3° *Arc à rotules avec glissière.* — Considérons maintenant une poutre AB dont un point C est assujetti à rester entièrement fixe, tandis qu'un autre point D est astreint à demeurer sur une droite donnée *ab* du plan de flexion *(fig. 3)*. Lorsqu'on se proposera de

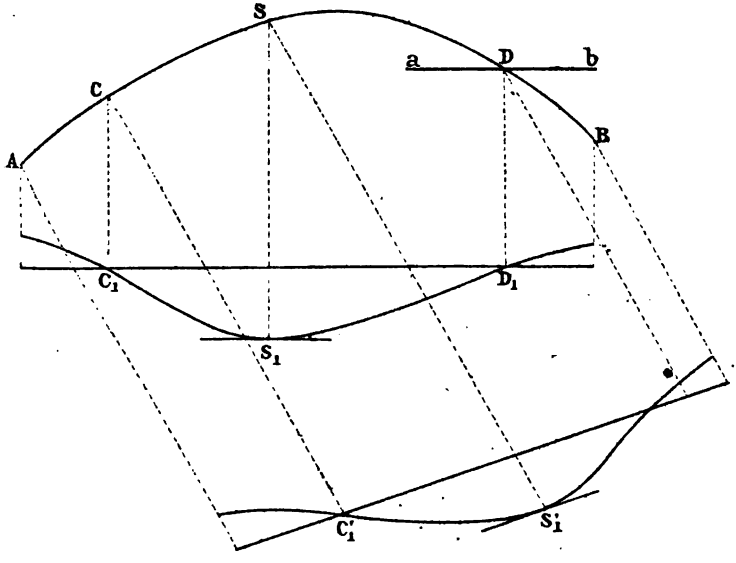


FIG. 3.

déterminer les déplacements élastiques suivant une direction perpendiculaire à *ab*, on pourra tracer immédiatement la ligne de fermeture C_1D_1 du polygone funiculaire des forces fictives $\frac{M}{EI}ds$ appliquées sur la poutre perpendiculairement à *ab*. On en déduira les sections telles que S, qui ne subissent aucun déplacement angulaire. Ces sections une fois connues, si on veut avoir les déplacements élastiques dans toute direction autre que celle perpendiculaire à *ab*, on tracera le polygone des forces fictives $\frac{M}{EI}ds$ appliquées sur la poutre dans la direction considérée. On déterminera sur ce polygone les points C'_1 et S'_1 correspondant aux

points C et S. La ligne de fermeture sera la parallèle menée par C'_1 à la tangente en S'_1 au polygone.

Le cas de l'arc avec rotule et glissière peut être regardé théoriquement comme le cas général. Nous énoncerons donc le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Pour les poutres dont un point de la ligne moyenne est fixe tandis qu'un autre point est astreint à rester sur une ligne donnée du plan de flexion, le polygone représentatif des déplacements élastiques, suivant une direction quelconque, des points de la ligne moyenne, est tel que les tangentes aux points correspondant aux sections de la poutre qui ne subissent aucun déplacement angulaire sont parallèles à la ligne de fermeture du polygone.*

NOTE II

Principe d'une nouvelle méthode grapho-analytique de calcul des poutres droites encastrées, à une seule travée.

Il est nécessaire, dans l'étude d'une poutre quelconque, de rechercher les déformations de la ligne moyenne sous l'action des charges données. Ainsi que le prescrit la circulaire ministérielle du 29 août 1891, relative au calcul des ponts métalliques, il faut déterminer la flèche maximum produite par des charges roulantes. A notre avis, il serait préférable, pour les poutres droites, de déterminer le maximum de travail de flexion, c'est-à-dire la valeur maximum du produit de la somme des charges par un certain coefficient auquel on pourrait donner le nom de *flèche moyenne*.

En effet, c'est une idée d'ensemble de la déformation qu'on recherche et, évidemment, la flèche moyenne est bien plus propre à donner cette idée que la flèche maximum. Comme la flèche moyenne se déduit immédiatement du travail de flexion, nous considérons que ce travail est un élément aussi utile à connaître que les moments fléchissants et les efforts tranchants. Or, ceux-ci se déterminent aisément dès que l'on connaît les réactions des appuis. Pour nous, les inconnues du problème sont donc les réactions des appuis et le travail de déformation. Nous allons

exposer, pour les poutres droites encastrées, à une seule travée, une méthode de calcul conduisant à la détermination de ces inconnues.

POUTRE DROITE ENCASTRÉE A UNE EXTRÉMITÉ AVEC APPUI SIMPLE A L'AUTRE BOUT

Soit AB une poutre droite encastrée à une extrémité et libre à l'autre. Nous supposons que cette poutre est soumise à l'action d'une série de charges $P_0P_1P_2.....P_m$ qui produisent ensemble un travail des forces intérieures que nous désignerons par $\mathfrak{C}$. Il s'agit pour nous de calculer les réactions des appuis R_a et R_b, le moment d'encastrement μ_a et le travail $\mathfrak{C}$ accompli pendant la transformation.

Pour cela, nous disposons déjà de deux équations d'équilibre, à savoir : une équation de projection et une équation de moments. Pour achever de déterminer le problème, il nous faut trouver deux autres relations entre les quatre inconnues.

Supposons la poutre dégagée de son appui simple B et traçons le polygone des moments fléchissants DEFGHL avec sa ligne de fermeture LK. Traçons ensuite la ligne moyenne fléchie AC. Cette ligne est représentée, comme on sait, par un polygone funiculaire des forces $\frac{M}{EI}dx$, ou simplement Mdx si la poutre est de section et d'élasticité constantes.

Désignons respectivement par $F_0F_1F_2.....F_m$ et f_b les flèches produites aux points d'application de forces $P_0P_1P_2.....P_m$ et au point B ; ces flèches sont mesurées sur l'épure.

Le travail des forces intérieures, accompli pendant la déformation, est ici :

$$\mathfrak{C}_1 = \frac{P_0F_0 + P_1F_1 + ... + P_mF_m}{2}. \tag{1}$$

Pour ramener la poutre à reposer sur l'appui B, il suffit évidemment d'appliquer au point C une force verticale ascendante, croissant de zéro jusqu'à R_b. Il se produit alors un mouvement de la poutre et, dans ce mouvement, un certain travail des forces intérieures qui a pour expression :

$$\mathfrak{C}_2 = P_0F'_0 + P_1F'_1 + ... + P_mF'_m - \frac{R_bf_b}{2} \tag{2}$$

en désignant par $F'_0F'_1.....F'_m$ les déplacements des points d'application des forces $P_0P_1.....P_m$ produits dans cette deuxième période.

Retranchons membre à membre les égalités (1) et (2). La différence $\mathfrak{T}_1 - \mathfrak{T}_2$ des premiers membres n'est autre chose que le travail des forces intérieures dans la poutre donnée, travail que nous avons désigné par $\mathfrak{T}$. Remarquons que ce travail a, d'autre part, pour expression analytique :

$$(3)\quad \mathfrak{T} = \frac{P_o F_o + P_1 F_1 + \ldots\ldots + P_m F_m}{2} - \frac{P_o F'_o + P_1 F'_1 + \ldots\ldots + P_m F'_m}{2}.$$

Nous avons donc, d'après cette remarque :

$$\mathfrak{T}_1 - \mathfrak{T}_2 = \mathfrak{T} = \mathfrak{T} - \frac{P_o F'_o + P_1 F'_1 + \ldots\ldots + P_m F'_m}{2} + \frac{R_b f_b}{2}.$$

Il résulte de là :

$$\frac{P_o F'_o + P_1 F'_1 + \ldots\ldots + P_m F'_m}{2} = \frac{R_b f_b}{2}. \quad (*)$$

En remplaçant le premier membre de cette égalité par le second dans l'équation (3), celle-ci devient :

$$(4)\qquad \mathfrak{T} = \frac{P_o F_o + P_1 F_1 + \ldots\ldots + P_m F_m}{2} - \frac{R_b f_b}{2}.$$

Cette opération (4) est l'une des équations du problème.

Supposons maintenant que la poutre soit simplement posée sur l'appui A comme elle l'est sur l'appui B. Pour cette poutre, on tracera la ligne moyenne fléchie que nous désignons sur la figure 1 sous le nom de ligne moyenne fléchie n° 2. On mesurera ensuite, d'une part, les flèches φ_o, φ_1..... φ_m produites aux points d'application des forces P_o, P_1..... P_m ; d'autre part, l'angle α du premier élément de gauche de la ligne moyenne avec l'horizontale.

Le travail des forces intérieures, accompli pendant la déformation, a ici pour expression :

$$(5)\qquad \mathfrak{T}_1 = \frac{P_o \varphi_o + P_1 \varphi_1 + \ldots\ldots + P_m \varphi_m}{2}.$$

Pour ramener la poutre à être encastrée en A, il suffit évidemment d'appliquer en A un couple dirigé de droite à gauche croissant depuis zéro jusqu'à μ_a. Il se produit alors un mouvement

(*) Cette formule peut encore se déduire du théorème général suivant, dû à M. Maurice Lévy (Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. CVII, p. 414).

THÉORÈME. — *Si, à un corps solide élastique, isotrope ou cristallisé, libre ou non (et, par suite, à un système de pareils corps reliés entre eux d'une manière quelconque) on applique successivement deux systèmes de forces en équilibre, la somme des travaux des forces de l'un de ces systèmes, pour les déplacements élastiques dus à l'autre, est égale à la somme des travaux des forces de ce dernier pour les déplacements élastiques dus au premier.*

de la poutre et, dans ce mouvement, un certain travail des forces intérieures qui a pour expression :

$$(6) \qquad \mathfrak{C}_2 = P_o\varphi'_o + P_1\varphi'_1 + \ldots\ldots + P_m\varphi'_m - \frac{\mu_a\alpha}{2} \ (*)$$

en désignant par $\varphi'_o\ \varphi'_1 \ldots\ldots \varphi'_m$ les déplacements des points d'applica-

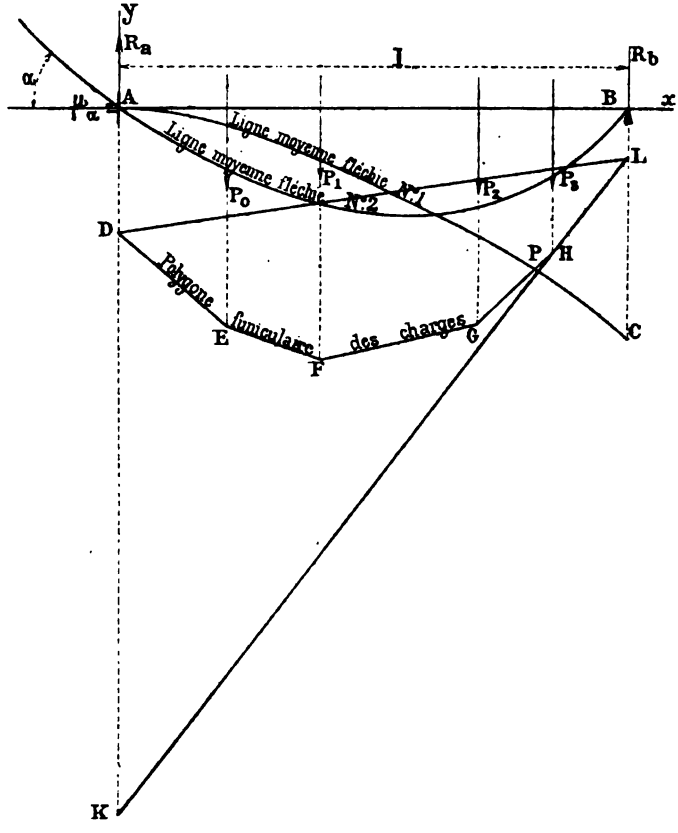


FIG. 1.

(*) Le travail accompli par le moment μ_a a bien pour valeur $\mu_a\alpha$. Le moment μ_a croissant proportionnellement au déplacement angulaire, le travail est moitié de celui que donnerait le moment μ_a supposé constant. Celui-ci devrait donc être égal à $\mu_a\alpha$. Il l'est en effet, car son expression analytique est :

$$\int_{v'}^{v''} R\lambda\, d\omega = \int_{v'}^{v''} Rv\alpha\, d\omega = \int_{v'}^{v''} \frac{v^2\mu_a\alpha}{I}\, d\omega = \frac{\mu_a\alpha}{I}\int_{v'}^{v''} v^2\, d\omega = \mu_a\alpha,$$

puisque :

$$\lambda = v\alpha, \quad R = \frac{v\mu}{I} \quad \text{et} \quad I = \int_v^{v''} v^2\, d\omega.$$

tion des forces P_o P_1.....P_m produits dans cette deuxième période

Retranchons membre à membre les égalités (5) et (6). La différence $\mathfrak{T}_1 - \mathfrak{T}_2$ des premiers membres n'est autre chose que le travail des forces intérieures dans la poutre donnée, travail que nous avons désigné par $\mathfrak{T}$. Remarquons que ce travail a, d'autre part, pour expression analytique :

$$(7)\quad \mathfrak{T} = \frac{P_o\varphi_o + P_1\varphi_1 + \ldots\ldots + P_m\varphi_m}{2} - \frac{P_o\varphi'_o + P_1\varphi'_1 + \ldots\ldots + P_m\varphi'_m}{2}$$

Nous avons donc, d'après cette remarque :

$$\mathfrak{T}_1 - \mathfrak{T}_2 = \mathfrak{T} = \mathfrak{T} - \frac{P_o\varphi'_o + P_1\varphi'_1 + \ldots\ldots + P_m\varphi'_m}{2} + \frac{\mu_a\alpha}{2}.$$

Il résulte de là :

$$\frac{P_o\varphi'_o + P_1\varphi'_1 + \ldots\ldots + P_m\varphi'_m}{2} = \frac{\mu_a\alpha}{2}.$$

En remplaçant le premier membre de cette égalité par le second dans l'équation (7), celle-ci devient :

$$(8)\qquad \mathfrak{T} = \frac{P_o\varphi_o + P_1\varphi_1 + \ldots\ldots + P_m\varphi_m}{2} - \frac{\mu_a\alpha}{2}.$$

C'est une autre équation du problème.

Avec les équations (4) et (8), nous disposons des équations ordinaires de la statique, c'est-à-dire :

$$(9)\qquad R_a + R_b = P_o + P_1 + \ldots\ldots + P_m,$$

$$(10)\qquad R_b l - \sum Px = \mu_a.$$

Les quatre équations (4), (8), (9), (10), du premier degré par rapport aux quatre inconnues, seront résolues analytiquement.

POUTRE DROITE ENCASTRÉE AUX DEUX EXTRÉMITÉS.

Soit AB une poutre droite encastrée aux deux extrémités (*fig.* 2). Il s'agit de déterminer les réactions R_a et R_b, les moments d'encastrement μ_a et μ_b, enfin le travail de déformation $\mathfrak{T}$. En tout cinq inconnues. Comme nous disposons déjà des deux équations de projection et de moments, il faut que nous trouvions trois autres relations. Nous les obtenons d'une manière analogue à celle que nous venons de développer pour la poutre encastrée à une extrémité.

1° Nous supposons d'abord que la poutre, encastrée en B, est e

tièrement libre en A. Nous traçons, dans cette hypothèse, la ligne moyenne fléchie que nous désignons sur la figure 2, sous le nom de ligne moyenne fléchie n° 1, et nous mesurons, d'une part, les

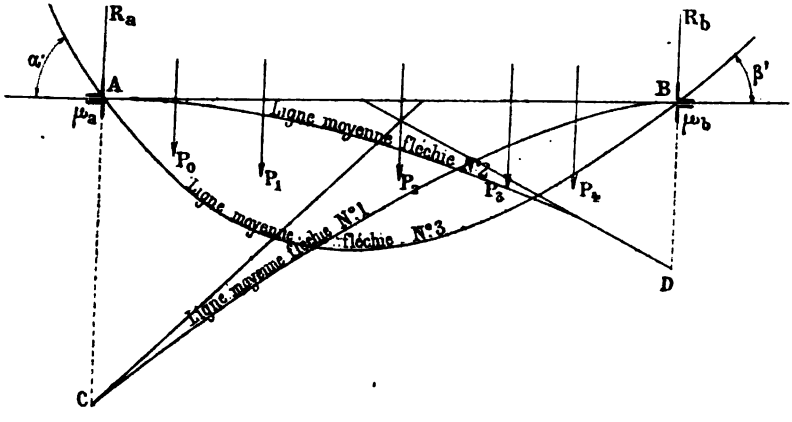


FIG. 2.

flèches $F_0F_1 \ldots F_m$ produites aux points d'application des charges $P_0P_1 \ldots P_m$, d'autre part, la flèche $f_a = AC$ produite au point A et l'angle α du premier élément de gauche de la poutre avec AB.

Le travail $\mathfrak{T}$ a pour expression :

$$(11) \qquad \mathfrak{T} = \frac{P_0F_0 + P_1F_1 + \ldots + P_mF_m}{2} - \frac{R_af_a}{2} - \frac{\mu_a\alpha}{2}.$$

La démonstration de cette formule est absolument identique à celle de la formule du cas précédent :

$$\mathfrak{T} = \frac{P_0F_0 + P_1F_1 + \ldots + P_mF_m}{2} - \frac{R_bf_b}{2}$$

Dans le raisonnement que nous avons fait à propos de la poutre posée sur deux appuis et encastrée à une extrémité seulement, il n'y a qu'à remplacer $\frac{R_bf_b}{2}$ par $\frac{R_af_a}{2} + \frac{\mu_a\alpha}{2}$, puisque le moment μ_a doit être appliqué en A en même temps que la force R_a et croître comme elle à partir de zéro. Le travail accompli par la force R_a et par le moment μ_a, qu'on peut se représenter par des forces distinctes $Rd\omega$, est d'ailleurs, comme on sait, égal à la somme des travaux de chacune des forces (*).

2° Nous supposons ensuite que la poutre, encastrée en A, est

(*) Voir la note I de l'appendice de la 1re partie de notre mémoire sur le calcul de différentes poutres. (*Bulletin* d'août 1891.)

entièrement libre en B. Nous traçons, dans cette hypothèse, la ligne moyenne fléchie que nous désignons sous le nom de ligne moyenne fléchie n° 2, et nous mesurons, d'une part, les flèches $f_0 f_1 \ldots\ldots f_m$ produites aux points d'application des charges $P_0 P_1 \ldots\ldots P_m$, d'autre part, la flèche $f_b = BD$ produite au point A et l'angle β du dernier élément de droite de la poutre avec AB. Le travail $\mathfrak{T}$ a pour expression :

$$(12) \qquad \mathfrak{T} = \frac{P_0 f_0 + P_1 f_1 + \ldots\ldots + P_m f_m}{2} - \frac{R_b f_b}{2} - \frac{\mu_b \beta}{2}.$$

3° Nous supposons enfin que la poutre repose librement sur les appuis A et B. Nous traçons, dans cette hypothèse, la ligne moyenne fléchie que nous désignons sous le nom de ligne moyenne fléchie n° 3, et nous mesurons, d'une part, les flèches $\varphi_0 \varphi_1 \ldots\ldots \varphi_m$ produites aux points d'application des charges $P_0 P_1 \ldots\ldots P_m$, d'autre part, l'angle α' du premier élément de gauche de la poutre avec AB et l'angle β' du dernier élément de droite de la poutre avec la même ligne AB.

Le travail $\mathfrak{T}$ a pour expression :

$$(13) \qquad \mathfrak{T} = \frac{P_0 \varphi_0 + P_1 \varphi_1 + \ldots\ldots + P_m \varphi_m}{2} - \frac{R_a \alpha'}{2} - \frac{R_b \beta'}{2}.$$

Les trois équations (11), (12), (13), jointes à l'équation de moments et à l'équation de projection, résolvent le problème.

Remarque. — Nous avons déjà appliqué au calcul des poutres continues droites le principe de la méthode que nous venons d'exposer. Dans cette application particulière nous n'avons considéré que le cas d'une poutre sans encastrement aux extrémités. Il va de soi que la considération du travail produit par un couple μ appliqué à une section tournant d'un angle α, permettrait d'étudier suivant notre méthode une poutre continue encastrée à une ou aux deux extrémités.

NOTE III

Sur les résistances d'une pièce ou d'un système de pièces élastiques soumis à l'action d'une force pivotant autour de son point d'application.

CAS D'UNE FLEXION PLANE.

I. — Nous rappellerons d'abord ce qu'on entend par coordonnées polaires en géométrie analytique.

Soient *(fig. 1)* un point déterminé O et une demi droite *Ox* issue de ce point. Le point O sera appelé *pôle* et *Ox axe polaire*. Un point M du plan sera bien déterminé si on donne sa distance OM $= \rho$ au pôle et l'angle ω que fait OM avec l'axe polaire. Il est clair qu'en faisant varier ω de O à 2π et ρ de O à $+\infty$ on obtiendra tous les points du plan. Mais il est plus avantageux de faire varier ω et ρ de $-\infty$ à $+\infty$ en adoptant les conventions suivantes :

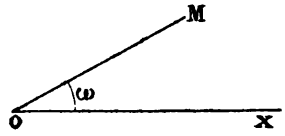


FIG. 1.

1° Les angles polaires positifs sont ceux qui sont comptés dans le sens opposé à celui du mouvement des aiguilles d'une montre et les angles polaires négatifs sont comptés en sens inverse.

2° Lorsqu'à un angle polaire ω correspond pour ρ une valeur positive, on porte cette valeur de ρ à partir du pôle dans la direction déterminée par l'angle polaire, et si la valeur de ρ est négative on porte sa valeur absolue dans la direction opposée à celle définie par l'angle polaire.

D'après cela, si a désigne la valeur absolue du rayon OM et α l'angle compris entre O et 2π que fait la direction OM avec l'axe polaire Ox, on pourra représenter le point M par les coordonnées :

$$\rho = a \qquad \omega = 2K\pi + \alpha,$$

ou bien par les coordonnées :

$$\rho = -a \qquad \omega = (2K + 1)\,\pi + \alpha.$$

On convient qu'une équation donnée entre ρ et ω représente le lieu des points dont les coordonnées polaires vérifient cette équation.

II. — Ceci posé, considérons une pièce ou un système de pièces élastiques soumis à une flexion plane par une force F appliquée

en un point A *(fig. 2)*. Soit B un point quelconque de la pièce ou du système. A la force F, de grandeur, de direction et de sens déterminés, correspond pour ce point B une résistance longitudinale ou une résistance transversale de grandeur et de signe déterminés.

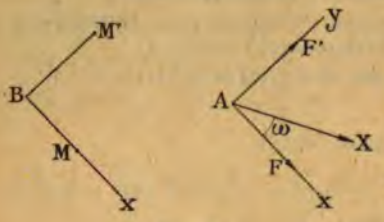


Fig. 2.

Convenons de porter la grandeur de cette résistance, à partir du point B, sur une droite passant par ce point et parallèle à la direction de F, dans le sens de cette force si la résistance est positive, en sens contraire si elle est négative. Nous obtenons un point tel que M.

Supposons maintenant que la force F, d'intensité constante ou variable, pivote autour de son point d'application A. A chaque position de la force correspond un point M et un seul bien déterminé. Le lieu de ces points M est une courbe que nous rapportons à un axe polaire Bx parallèle à la direction primitive de la force F et au pôle B.

Soit F′ une position de la force F faisant avec la première un angle de 90°. A cette nouvelle position correspond un point M′, c'est-à-dire une valeur de la résistance au point B que nous désignerons par R′, la résistance BM étant désignée elle-même par R.

Soit, d'autre part, X une position de la force F faisant avec la première un angle quelconque ω. Évaluons, en fonction de R et de R′, la résistance ρ produite en B sous l'action de cette force X. Celle-ci peut se décomposer en deux autres ayant pour directions les directions des forces F et F′.

La valeur de la composante dans la direction de F est, en grandeur et en signe, X cos ω, et la valeur, en grandeur et en signe, de la composante dans la direction de F′ est X sin ω. Il en résulte, à cause du principe de l'indépendance des effets des forces, que la résistance ρ a pour expression :

$$(1) \qquad \rho = \frac{RX \cos \omega}{F} + \frac{R'X \sin \omega}{F'}$$

Cette formule générale est aussi bien applicable à la résistance transversale qu'à la résistance longitudinale. Nous allons en faire usage pour établir deux théorèmes intéressants.

CAS D'UNE FORCE F D'INTENSITÉ CONSTANTE.

THÉORÈME I. — *Si une force* F *d'intensité constante, produisant une flexion plane d'une pièce ou d'un système de pièces élastiques, pivote, dans le plan de flexion, autour de son point d'application, les résistances longitudinales ou transversales en un point quelconque sont représentées, en grandeur et en signe, par les rayons polaires relatifs à une circonférence passant par le pôle.*

Dans la formule générale (1) faisons $X = F = F'$; il vient :

$$\rho = R \cos \omega + R' \sin \omega.$$

Cette équation est celle d'une circonférence passant par le pôle et les deux points M et M′ *(fig. 2)*. Le théorème est donc démontré.

CAS D'UNE FORCE F D'INTENSITÉ VARIABLE PRODUISANT AU POINT B UNE RÉSISTANCE CONSTANTE EN VALEUR ABSOLUE.

THÉORÈME II. — *Si une force* F *d'intensité variable, produisant une flexion plane d'une pièce ou d'un système de pièces élastiques, pivote, dans le plan de flexion, autour de son point d'application* A, *en prenant, dans chacune de ses positions, une grandeur représentée en valeur absolue par le segment compris entre le point* A *et le point d'intersection de la direction de la force avec une droite déterminée, les résistances longitudinales ou transversales en un point déterminé sont constantes au signe près.*

Dans la formule générale (1) faisons $\rho = R = R'$; il vient :

$$X = \frac{FF'}{F' \cos \omega + F \sin \omega}.$$

Cette équation est celle d'une droite passant par les extrémités des forces F et F′ *(fig. 2)* ; elle justifie le théorème énoncé.

Supposons que le point B appartienne à une fibre extrême de la pièce. Traçons *(fig. 3)*, avec la droite FF′, la droite symétrique par rapport au point A. Nous pourrons dire que si la force F prend, en pivotant autour de A, dans chacune de ses positions, une grandeur représentée par le segment compris entre le point A et le point d'intersection de la direction de la force avec l'une des deux droites tracées, les résistances longitudinales ou transversales au point B seront constantes au signe près.

Considérons maintenant le point B′ appartenant à la même section de la pièce que le point B, mais à une fibre extrême oppo-

sée. Pour ce point B′ nous tracerons deux droites *ab*, *cd*, symé triques par rapport au point A et rencontrant les deux première aux points *a*, *b*, *c* et *d*. Le parallélogramme *abcd* jouira de la pro priété suivante : si la force F prend, e pivotant autour de A, dans chacune d ses positions, une grandeur représenté par le segment compris entre le point et le point d'intersection de la directio de la force avec l'un des côtés du para lélogramme, les résistances longitudinale ou transversales, tantôt en B, tantôt e B′, seront constantes au signe près. dans chaque position de la force F grandeur de celle-ci est comprise dan l'intérieur du parallélogramme on peu affirmer que, dans la section BB′, les ré sistances atteindront au plus une valeur déterminée.

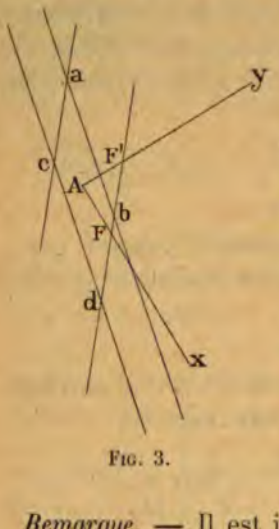


Fig. 3.

Remarque. — Il est important de remarquer que les théorème que nous venons d'établir s'appliquent non seulement aux résis tances en un point quelconque, mais encore aux déplacement élastiques d'un point assujetti à ne se déplacer que dans un direction déterminée.

III. — Application du théorème I. — Nous signalons l'applica tion de notre théorème I dans le calcul de résistance de la jant d'un volant de grandes dimensions. La jante d'un pareil volan est ordinairement composée de morceaux assemblés entre eux Sur la figure 4 nous avons représenté un de ces morceaux *efcd* qui s'assemble en *ef* et *cd* avec les mor ceaux voisins et qui est relié à l'arbr par un bras. Comme les assemblages peu vent se desserrer, il est rationnel de cal culer la jante en regardant une portio *abcd* de celle-ci, par exemple, comm une pièce prismatique encastrée en *a* libre en *cd* et soumise, d'une part, l'action des forces tangentielles et des forces centrifuges élémen taires, d'autre part à l'action de son poids P. Celui-ci, appliqu au centre de gravité G, produit, dans la section la plus fatiguée *ab*

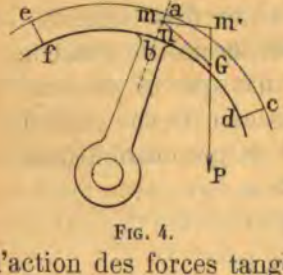


Fig. 4.

des résistances que nous évaluerons au moyen de la formule :

$$R = \frac{v\mu'}{I}.$$

Considérons les points m et n de rencontre de la section ab avec les lignes principales de la pièce fléchie. Les résistances des fibres inférieures, pendant le mouvement du volant, seront proportionnelles aux moments μ', c'est-à-dire, puisque P est constant, aux distances telles que mm' du point principal m à la direction du poids P. Ces résistances peuvent donc être représentées par la circonférence tracée sur mG comme diamètre; la résistance maximum des fibres inférieures sera mG. Pour les fibres supérieures, les résistances pourront être représentées par la circonférence tracée sur nG comme diamètre; la résistance maximum de ces fibres sera nG.

Dans le cas d'un mouvement uniforme, la force centrifuge étant constante, la résistance à ajouter aux résistances dues au poids P est constante. Il en résulte que les résistances des fibres sont représentées par un limaçon de Pascal. Si le mouvement est varié, la courbe représentative des résistances est un limaçon présentant des sinuosités correspondant aux variations de vitesse.

CAS D'UNE FLEXION QUELCONQUE.

Aux deux théorèmes qui précèdent correspondent deux théorèmes analogues, relatifs aux résistances d'une pièce ou d'un système de pièces élastiques soumis à l'action d'une force pivotant *dans l'espace* autour de son point d'application.

Dans le théorème I, les cercles figuratifs des résistances deviennent des sphères et, dans le théorème II, le parallélogramme-limite de la force pivotante devient un parallélipipède.

La démonstration se faisant sans difficulté et d'une manière analogue à la précédente, nous nous dispenserons de l'établir ici. Nous ferons seulement remarquer que, dans le cas présent, les résistances transversales sont de deux sortes correspondant à deux directions perpendiculaires entre elles et perpendiculaires chacune à la direction des efforts longitudinaux.

NOTE IV

Sur les prismes chargés de bout.

I. — Lorsqu'on se propose de rechercher les dimensions donner à un prisme chargé de bout N, il y a lieu de savoir ce prisme pourra ou non être soumis à une flexion accidentell sensible, c'est-à-dire à une flexion causée par une autre forc que la charge de bout.

Dans le cas où la flexion accidentelle est très faible, il con vient de donner au prisme une section constante. Mais si cett flexion est sensible, il faut que la section du prisme soit variabl de telle manière qu'il y ait, dans toutes les sections, égalité d résistance des fibres les plus fatiguées, sous l'action de l charge N. Dans l'un et l'autre cas, le prisme est donc un prism d'égale résistance à cette charge. Or nous avons démontré, dan un mémoire précédent, que la flexion d'un prisme produite pa une charge de bout N pouvait être regardée comme produite pa des forces appliquées sur le prisme perpendiculairement à la lign moyenne. Ainsi l'étude d'un prisme chargé de bout se ramène l'étude d'un prisme soumis à l'action de charges transversale Pour une flexion déterminée, c'est-à-dire pour des charges tran versales déterminées correspondant à la charge de bout N, nou pouvons appliquer les théorèmes connus suivants dont nou extrayons les énoncés du traité de statique graphique de M. Mau rice Lévy :

a) — Poutre encastrée à un bout et appuyée à l'autre, d'éga résistance.

THÉORÈME. — ***La position du point d'inflexion de la fibre moyen déformée, dans une poutre encastrée à un bout et appuyée à l'autre, hauteur constante ou variable, d'égale résistance sous une charge donn quelle qu'elle soit, est indépendante de la nature de cette charge.***

Si la poutre est de hauteur constante, la distance de ce point au poi d'appui simple de la poutre est égale au côté du carré dont la longue de la poutre serait la diagonale.

b) — Poutre encastrée à ses deux extrémités, d'égale résis tance.

THÉORÈME. — *La position des points d'inflexion de la fibre moyenne dans une poutre encastrée à ses deux extrémités, de hauteur constante ou variable et d'égale résistance sous une charge donnée, quelle qu'elle soit, est indépendante de la nature de la charge.*

Si la poutre est de hauteur constante, les deux points d'inflexion sont au quart de la longueur de la travée, à partir de chaque appui.

Il résulte de ces théorèmes et de ce que nous avons dit précédemment, que l'étude des prismes chargés de bout, encastrés à une ou aux deux extrémités, suivant les dispositions connues, peut se ramener à l'étude d'un prisme encastré à sa base et entièrement libre à son sommet. On sait déjà que l'étude d'un prisme sans encastrement aux extrémités se ramène aussi à ce cas. Les quatre cas de prismes chargés de bout se ramènent donc à un seul.

En ce qui concerne les prismes encastrés à une extrémité, comme l'indique la figure 1, le point d'inflexion, pour une charge transversale de position fixe — charge correspondant à la charge de bout N et à la plus grande flexion que puisse prendre le prisme — se produira au point C d'abscisse α donnée par l'équation :

$$\int_0^{\alpha} \frac{x\,dx}{v} = \int_{\alpha}^{l} \frac{x\,dx}{v},$$

dans laquelle v représente la distance variable des fibres extrêmes à la fibre moyenne. Si v est constante, on a $\alpha = \frac{l}{\sqrt{2}}$. L'étude du prisme considéré se ramène donc à l'étude des prismes d'égale résistance AC et BC.

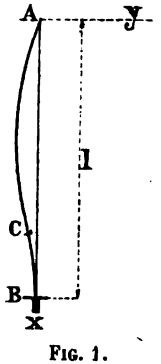


FIG. 1.

De même, dans le cas d'un prisme encastré aux deux extrémités *(fig. 2)*, les points d'inflexion C et D, d'abscisses α et α', sont donnés par les deux équations suivantes :

$$\int_0^{\alpha} \frac{dx}{v} + \int_{\alpha'}^{l} \frac{dx}{v} = \int_{\alpha}^{\alpha'} \frac{dx}{v},$$

$$\int_0^{\alpha} \frac{x\,dx}{v} + \int_{\alpha'}^{l} \frac{x\,dx}{v} = \int_{\alpha}^{\alpha'} \frac{x\,dx}{v}.$$

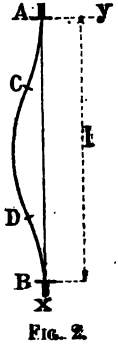


FIG. 2.

Si v est constante, on a $\alpha = \alpha' = \frac{l}{4}$. Connaissant les points C et D, l'étude du prisme AB se ramène à l'étude des trois prismes AC, CD et BD.

II. — Nous avons démontré, dans notre théorie nouvelle de la stabilité des prismes chargés de bout (*), que la charge N devait satisfaire à la condition :

$$(1) \qquad Nu \leq 2\mathfrak{T},$$

en désignant par u le déplacement élastique du sommet du prisme estimé suivant la direction de la charge et par $\mathfrak{T}$ le travail des forces intérieures accompli pendant la déformation supposée. Nous avons remplacé cette condition par la suivante :

$$(2) \qquad Nu \leq 2\mathfrak{T}_m,$$

où $\mathfrak{T}_m$ représente le travail minimum de flexion pour le déplacement u. Nous allons montrer comment on peut cependant faire usage de l'équation (1).

Appliquons d'abord cette équation au calcul d'un prisme à section constante. Divisons la ligne moyenne BA en intervalles égaux très petits Δx désignés, de B à A, par les numéros 0, 1, 2, 3 ..... n *(fig. 3)*. Dans chacun de ces intervalles, nous appliquons sur la poutre, perpendiculairement à AB, une force p_x. Cette force a une certaine valeur p_0 pour l'intervalle 0, p_1 pour l'intervalle 1, etc., p_n pour l'intervalle n. Nous nous proposons de déterminer les valeurs de ces forces p_x pour qu'elles produisent sur le prisme une flexion identique à celle que produirait une charge de bout N. Il nous faut pour cela trouver $n+1$ équations du premier degré entre les $n+1$ inconnues p_0, p_1 .... p_n, les dimensions connues du prisme et la charge N. Dans la section K, où est appliquée la force p_k, le moment fléchissant M_k doit être le même que celui que donnerait une charge de bout P, c'est-à-dire Py_k, en désignant par y_k le déplacement élastique du point K de la ligne moyenne estimé suivant By. Or, d'une part, nous avons :

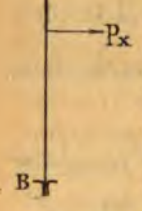


FIG. 3.

$$M_k = (\alpha_0)_k p_0 + (\alpha_1)_k p_1 + \ldots\ldots + (\alpha_n)_k p_n,$$

les coefficients α étant variables d'une poutre à l'autre et, pour une même poutre, variables avec l'abscisse de la force p correspondante et la position de la section K.

(*) Voir le *Bulletin* d'octobre 1890.

D'autre part :

$$y_k = (A_o)_k p_o + (A_1)_k p_1 + \ldots\ldots + (A_n)_k p_n,$$

les coefficients A étant variables de la même manière que les coefficients α et pouvant, comme ceux-ci, se déterminer graphiquement comme on sait.

Il résulte de là que :

$$(3)\quad (\alpha_o)_k p_o + (\alpha_1)_k p_1 + \ldots + (\alpha_n)_k p_n = P\left[(A_o)_k p_o + (A_1)_k p_1 + \ldots + (A_n)_k p_n\right]$$

En écrivant autant d'équations (3) qu'il y a d'intervalles où sont appliquées les forces p_x, c'est-à-dire $n+1$, nous aurons résolu le problème posé. Dans ces équations, il faut attribuer à P une valeur positive de grandeur quelconque.

Les forces p_x une fois connues, on cherchera quel est, pour ces forces, le déplacement u, estimé suivant l'axe des x, de l'extrémité A du prisme et les déplacements y_o, y_1 ..... y_n des points d'application des forces p_o, p_1 ..... p_n. La valeur de la charge qui pourra être appliquée de bout sur le prisme, en toute sécurité, c'est-à-dire sans qu'il y ait danger de flexion, devra satisfaire à la condition :

$$Nu \leqslant 2\mathfrak{C},$$

où :

$$Nu \leqslant p_o y_o + p_1 y_1 + \ldots\ldots + p_n y_n.$$

III. — Appliquons maintenant l'équation (1) à la détermination rigoureuse du prisme d'égale résistance. Dans ce cas, la flexion du prisme est telle que la ligne moyenne fléchie est un polygone funiculaire des forces $\frac{M}{EI}\,dx = \frac{2R}{Eh}\,dx$, en désignant par R le coefficient de résistance adopté, par E le coefficient d'élasticité de la matière dont le prisme est composé, et par h la hauteur, constante ou variable, mais donnée *a priori* du prisme. On peut donc, avant même de connaître les forces p_x, déterminer la forme de la ligne moyenne fléchie et, par conséquent, les déplacements élastiques y_o, y_1 ..... y_n des points d'application de ces forces. Les $n+1$ équations (3) seront alors très faciles à écrire et se présenteront sous la forme :

$$(\alpha_o)_k p_o + (\alpha_1)_k p_1 + \ldots\ldots + (\alpha_n)_k p_n = P y_k.$$

Leur résolution fera connaître les forces p_x produisant sur le prisme la même flexion qu'une charge de bout. Ces forces connues, on en déduira les moments fléchissants et, par suite, au moyen de la formule : $I = \frac{hM}{2R}$, les moments d'inertie de chaque section.

SUR LES

DÉFORMATIONS ÉLASTIQUES MAXIMUMS

DES

ARCS MÉTALLIQUES

PAR

BERTRAND DE FONTVIOLANT

Dans l'étude du projet d'un pont ou d'une charpente métalliq
avec fermes en arc, il est intéressant de déterminer quelle sera
déformation élastique maximum produite dans ces fermes par l
charges et les surcharges qu'elles auront à supporter. La cons
dération des déplacements élastiques maximums permet, en effe
de se faire une idée précise du degré de rigidité d'une constru
tion de ce genre, et c'est, sans nul doute, pour ce motif princip
que le nouveau Règlement ministériel du 29 août 1891 sur l
ponts métalliques, prescrit aux Ingénieurs de « joindre à l'app
» des projets le calcul des flèches sous l'action de la charge pe
» manente et sous l'action de la surcharge. »

Nous croyons donc utile d'énoncer le théorème suivant, q
simplifie notablement la recherche des déplacements élastiqu
maximums, en faisant connaître les points de l'arc où ils se p
duisent :

*Dans un arc quelconque, de section constante ou variable, sollicité p
des charges quelconques, verticales ou non, les points de la fibre moyen
dont les déplacements élastiques* (1) *sont maximums ou minimums, appa
tiennent à des sections dont les déplacements angulaires sont nuls.*

Si le déplacement du point considéré a lieu au-dessus de la tange

(1) Il importe de faire remarquer qu'ainsi qu'on le verra par la suite, le te
déplacements élastiques est pris ici dans son sens le plus général : il désigne les
tances telles que GG_1, séparant les positions G et G_1, occupées par un point quelcon
de la fibre moyenne avant et après la déformation *(fig. 1)*.
De plus, nous ne faisons aucune convention de signe relativement à ces distances,
ce sont les déplacements *maximums en valeur absolue* qu'il est intéressant de connaî

à la fibre moyenne en ce point, il est maximum quand le moment fléchissant en ce même point est négatif; minimum dans le cas contraire. Si le déplacement a lieu au-dessous de la tangente, ces conditions sont renversées.

Soient *(fig. 1)*:

AB la fibre moyenne de l'arc considéré dont nous rapporterons les points à deux axes rectangulaires quelconques *ox* et *oy*, le sens positif de *ox* étant de gauche à droite et celui de *oy* de bas en haut;

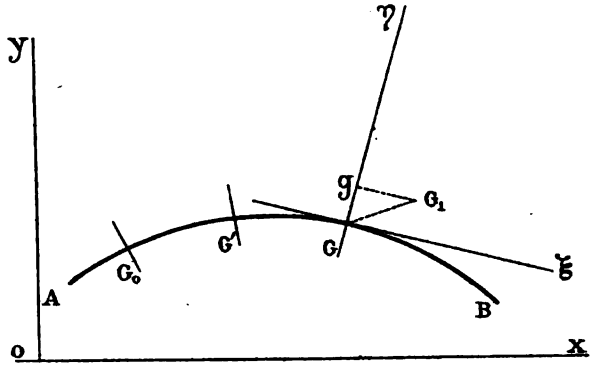


Fig. 1.

G_0, G', G trois points quelconques de la fibre moyenne dont les coordonnées sont (x_0, y_0), (x', y'), (x, y) et dont les distances à une origine quelconque prise à leur gauche sur la fibre moyenne sont s_0, s' et s;

U le déplacement élastique GG_1 du point G, dont nous désignerons les composantes parallèles aux axes, par u et v, ensorte qu'on a

$$U^2 = u^2 + v^2; \tag{1}$$

ω le déplacement angulaire de la section contenant le point G, déplacement que nous convenons de regarder comme positif ou négatif, suivant qu'il a lieu dans le sens de la rotation des aiguilles d'une montre ou en sens inverse;

u_0, v_0, ω_0 les quantités analogues relatives au point G_0.

Si on adopte comme sens positif des moments, celui de la rotation des aiguilles d'une montre, et si on convient de prendre comme moment fléchissant M', en une section quelconque G', la somme des moments des forces appliquées à gauche de cette section, on a, comme on sait,

$$u = u_0 + \omega_0 (y - y_0) - \int_{s_0}^{s} \frac{M'}{EI'} (y - y') ds'. \tag{2}$$

$$(3) \qquad v = v_0 - \omega_0 (x - x_0) + \int_{s_0}^{s} \frac{M'}{EI'} (x - x') ds',$$

$$(4) \qquad \omega = \omega_0 - \int_{s_0}^{s} \frac{M'}{EI'} ds',$$

en négligeant les déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant.

Cela posé, si G est un point dont le déplacement élastique U est maximum ou minimum en valeur absolue, on doit avoir

$$d(U^2) = 0,$$

ou, à cause de (1),

$$(5) \qquad \frac{1}{2} d(U^2) = u du + v dv = 0.$$

Or, de (2) et (3) on tire

$$du = + \omega_0 dy - dy \int_{s_0}^{s} \frac{M' ds'}{EI'},$$

$$dv = - \omega_0 dx + dx \int_{s_0}^{s} \frac{M' ds'}{EI'},$$

ou bien, en vertu de (4),

$$(6) \qquad du = + \omega dy,$$

$$(7) \qquad dv = - \omega dx.$$

La condition (5) du maximum ou du minimum de U devient dès lors

$$\frac{1}{2} d(U^2) = (u dy - v dx) \omega = 0,$$

laquelle se dédouble en les deux suivantes :

$$(8) \qquad \omega = 0$$

$$(9) \qquad u dy - v dx = 0 \qquad \text{ou} \qquad \frac{v}{u} = \frac{dy}{dx}.$$

La première exprime que le déplacement angulaire de la section à laquelle appartient le point G est nul, ce qui est conforme à l'énoncé du théorème.

Quant à la seconde, qui exprime que le déplacement du point G a lieu suivant la tangente Gξ à la fibre moyenne en ce point *(fig. 1)*, il est facile de montrer que, quand elle est satisfaite, la première l'est également, en sorte que la condition unique — nécessaire et suffisante — du maximum ou du minimum de U est

$$\omega = 0.$$

En effet, supposons que l'équation (9) ait lieu, et, la direction des axes coordonnés étant arbitraire, prenons l'axe des x parallèle à la tangente $G\xi$ à la fibre moyenne, et l'axe des y parallèle à la normale $G\eta$. On a, dès lors, puisque le déplacement U se fait suivant $G\xi$,

$$u = U;$$

u est donc maximum en même temps que U, et l'on doit, par conséquent, avoir au point G considéré

$$du = 0,$$

ou, en vertu de (6),

$$\omega = 0,$$

comme nous l'avions annoncé.

Cherchons maintenant le caractère distinctif des maximums et des minimums de U. Formons à cet effet la dérivée seconde de U^2, en prenant x pour variable indépendante. On a

$$\frac{1}{2} d^2(U^2) = du^2 + dv^2 + ud^2u + vd^2v. \tag{10}$$

du et dv sont exprimés par les formules (6) et (7), qui donnent en outre

$$d^2u = d\omega dy + \omega d^2y \tag{11}$$

$$d^2v = -d\omega dx. \tag{12}$$

D'autre part, on tire de (4)

$$d\omega = -\frac{M}{EI} ds, \tag{13}$$

M et I désignant les valeurs du moment fléchissant et du moment d'inertie au point G.

Substituant dans (10), il vient, en groupant convenablement les termes,

$$\frac{1}{2} d^2(U^2) = \omega[\omega(dx^2 + dy^2) + ud^2y] - \frac{M}{EI} ds(udy - vdx). \tag{14}$$

Mais, dans le cas du maximum ou du minimum de U, ω est nul, et il reste par conséquent

$$\frac{1}{2} d^2(U^2) = -\frac{M}{EI} ds(udy - vdx),$$

ou, enfin,

$$\frac{1}{2} \frac{d^2(U^2)}{dx^2} = -\frac{M}{EI} \left(\frac{ds}{dx}\right)^2 \left(u\frac{dy}{ds} - v\frac{dx}{ds}\right).$$

Or, si on désigne par U_η la projection Gg du déplacement U sur la normale à la fibre moyenne en G, on a

$$U_\eta = -u\frac{dy}{ds} + v\frac{dx}{ds},$$

en convenant de regarder cette projection comme positive au-dessus de la fibre moyenne et comme négative au-dessous. Donc, finalement,

$$\frac{1}{2}\frac{d^2(U^2)}{dx^2} = U_\eta \frac{M}{EI}\left(\frac{ds}{dx}\right)^2.$$

E, I et $\left(\frac{ds}{dx}\right)^2$ étant des quantités essentiellement positives, on voit que U est minimum ou maximum, suivant que U_η et M sont de même signe ou de signe contraire, ce qui justifie la seconde partie de l'énoncé.

Il nous reste à examiner le cas particulier où le déplacement maximum ou minimum a lieu suivant la tangente à la fibre moyenne. Les conditions (8) et (9)

$$\omega = 0$$
$$udy - vdx = 0$$

sont alors remplies simultanément, et l'expression (14) de la différentielle seconde de U^2 donne par suite

$$d^2(U^2) = 0.$$

Il faut donc recourir à la dérivée troisième. On a

$$\frac{1}{2}d^3(U^2) = 3(du\,d^2u + dv\,d^2v) + ud^3u + vd^3v. \tag{15}$$

du, dv, d^2u, d^2v sont exprimés par les formules (6), (7), (11) et (12) dont les deux dernières donnent en outre

$$d^3u = d^2\omega dy + 2d\omega d^2y + \omega d^3y,$$
$$d^3v = -d^2\omega dx.$$

Substituant dans (15), il vient

$$\frac{1}{2}d^3(U^2) = 3\omega^2 dy d^2y + \omega[3d\omega(dx^2 + dy^2) + ud^3y] + 2ud\omega dy + d^2\omega(udy - vdx),$$

ou, à cause des relations (8), (9) et (13),

$$\frac{1}{2}d^3(U^2) = 2ud\omega d^2y = -2u\frac{M}{EI}ds\,d^2y,$$

ou enfin

$$\frac{1}{2}\frac{d^3(U^2)}{dx^3} = -2u\frac{M}{EI}\frac{ds}{dx}\frac{d^2y}{dx^2}.$$

Le choix des axes étant arbitraire, nous pouvons faire coïncider ox avec la tangente $G\xi$ à la fibre moyenne et oy avec la normale $G\eta$; alors

$$\frac{ds}{dx} = 1, \qquad u = U,$$

et, par suite,

$$\frac{1}{2}\frac{d^3(U^2)}{dx^3} = -2U\frac{M}{EI}\frac{d^2y}{dx^2}.$$

Cette dérivée d'ordre impair ne s'annule que si l'une des trois quantités U, M, $\frac{d^2y}{dx^2}$ est égale à zéro.

Pour qu'il pût y avoir maximum ou minimum de U^2 dans le cas particulier qui nous occupe, il faudrait donc que l'une de ces trois conditions fût satisfaite en même temps que les relations (8) et (9). Il est clair que cette circonstance ne se produira qu'exceptionnellement, et l'on peut dire, par conséquent, que, si le déplacement U a lieu suivant la tangente à la fibre moyenne, il n'est en général ni maximum ni minimum.

Nous ferons une remarque sur l'application du théorème que nous venons d'établir.

On sait que la plus grande valeur d'une fonction continue doit être recherchée soit parmi ses maximums, soit parmi les valeurs qu'elle prend aux limites de l'espace dans lequel peuvent se mouvoir ses variables d'après les conditions mécaniques ou physiques du problème posé. On devrait donc déterminer les déplacements élastiques des extrémités de l'arc et les comparer avec ceux des points où $\omega = 0$. Mais, d'ordinaire, les arcs métalliques sont disposés de manière que leurs extrémités soient fixes, en sorte qu'en général ce sera l'un des points où $\omega = 0$ qui prendra le plus grand déplacement élastique.

Déplacements angulaires. — Il est à peine besoin de faire remarquer qu'en vertu de la relation (13), les sections de l'arc dont les déplacements angulaires sont maximums ou minimums sont celles où le moment fléchissant est nul. La recherche de ces déplacements n'offre pas, d'ailleurs, le même intérêt que celle des déplacements linéaires.

BASSINS DE RETENUE

OU

LACS ARTIFICIELS

PAR

GAETANO CRUGNOLA

Analyse par M. E. Coignet

I

Généralités (1).

Les grands réservoirs dont il s'agit sont ceux formés par un barrage en terre ou en maçonnerie établis transversalement à une vallée.

L'origine de ces ouvrages remonte à la plus haute antiquité; le bassin de Nitokris, en Assyrie, pouvait emmagasiner le débit de l'Euphrate pendant vingt-deux jours.

C'est en Espagne, au XVII^e^ siècle, que furent construits les premiers barrages en maçonnerie; mais ce sont des Ingénieurs français qui, les premiers, établirent une théorie de ces ouvrages basée sur la résistance des matériaux.

Les services rendus par les bassins de retenue sont multiples et de natures bien diverses. Anciennement, ces ouvrages avaient principalement pour but d'assurer l'irrigation des terres aux époques de sécheresse et d'amener l'eau dans des régions déshéritées. De nos jours, on les utilise pour les besoins industriels, pour actionner des moteurs hydrauliques, pour l'alimentation des canaux, pour la distribution d'eau potable dans les villes. Ils peuvent servir aussi à régulariser le régime des cours d'eau et à

(1) Voir Procès-verbal du 19 février, page 156.

permettre de temps en temps des chasses dans les ravins où les usines ont accumulé des détritus insalubres.

Nous discuterons ultérieurement l'importance des inconvénients qu'on oppose à ces avantages : danger de rupture de la digue ; perte pour l'agriculture des terrains submergés ; altération des conditions hygiéniques de la région où se trouve le bassin ; apports qui comblent graduellement ce dernier, et pertes possibles par infiltration.

II

Études préliminaires.

On établira d'abord la quantité d'eau qu'il faut emmagasiner et l'on étudiera les moyens de se la procurer. Dans le prix, d'ailleurs élevé, d'un barrage, il entre une certaine quantité de constantes, de sorte que ces ouvrages ne sont économiques que pour un cube minimum d'eau d'irrigation : 4 000 m^3 si le barrage est en terre ; 8 000 m^3 s'il est en maçonnerie. Mais si le prix de l'emmagasinement diminue avec l'étendue du bassin, les frais de transformation de la zone irriguée augmentent. La quantité d'eau à fournir par hectare dépend de la nature du terrain, du climat et de la culture. Elle varie de 0,35 *l* à 5 *l*, chiffre adopté pour les rizières dans les Indes. On pourra compter en moyenne sur 1,20 *l* par seconde et par hectare. Il faut majorer ce débit de toute la quantité relative aux pertes par évaporation et par infiltrations dans les canaux adducteurs ; pour l'évaporation, on comptera en moyenne 6 *mm* de hauteur d'eau sur la surface des canaux et par jour, et pour les infiltrations, 60 *mm* par jour.

La durée des irrigations est en moyenne de trois à cinq mois par an.

Capacité du réservoir. — Le réservoir doit être plus grand que le volume à fournir à cause des pertes qu'il subit ; on comptera pour l'évaporation, suivant le climat, de 4 à 10 *mm* de hauteur d'eau sur la surface et par vingt-quatre heures ; on la calculera par approximations successives, en prenant pour base première que, pour retenir un million de mètres cubes, le bassin doit occuper 18 à 20 hectares de terrain. Pour les infiltrations, dont l'importance est très variable, sans qu'on puisse la calculer, on comptera *a priori* 500 à 1 000 m^3 par million de mètres cubes retenus et par jour.

Quantité d'eau disponible. — Il faut disposer le réservoir de telle façon qu'il puisse recevoir les eaux en quantité suffisante. Pour cela, après en avoir fixé l'emplacement, on étudiera avec le plus grand soin le bassin hydrographique supérieur. On relèvera la hauteur d'eau tombée déterminée par les observatoires voisins en tenant compte de ce que celle-ci augmente avec l'altitude, suivant Belgrand, de 90 millimètres par 100 *m.* d'altitude, ou mieux suivant les expériences de l'auteur, de 60 à 70 millimètres seulement. On étudiera également les afflux subits dus aux orages. Dans ces deux cas on tiendra compte de la proportion d'eau tombée qui sera retenue par le sol, proportion essentiellement variable. Si on ne peut pas faire d'observations directes, on comptera sur 50 0/0. On examinera ensuite le régime du cours d'eau à barrer déterminant le débit en hautes et basses eaux, de manière à obtenir le débit moyen annuel. Il sera fort utile de dresser des tableaux graphiques de ces variations de débit en fonction du temps.

Il faudra aussi étudier la répartition de la quantité d'eau disponible par rapport à la capacité du réservoir, suivant les différentes époques de l'année. On tiendra compte des servitudes qui grèvent les cours d'eau.

On étudiera avec soin la question des ensablements, par apport des crues.

Réservoirs à alimentation artificielle.—On doit quelquefois construire un réservoir en l'alimentant artificiellement au moyen d'un canal de dérivation plus ou moins long. Tels sont les réservoirs de Bouzey et de Frahier établis pour assurer l'alimentation, le premier du canal de l'Est (près Épinal), et le second du canal du Rhône au Rhin, près de Conflandey.

III

Préférence à donner à un seul ou à plusieurs réservoirs. Choix de l'emplacement.

Que convient-il mieux, un ou plusieurs réservoirs ? Cela dépendra de l'emplacement. On recherchera une vallée présentant un fort étranglement précédé d'un élargissement brusque en amont. En général, un seul réservoir sera toujours plus avantageux que plusieurs. Une faible hauteur de plus au barrage augmente considérablement la capacité du réservoir, alors que tous les travaux

latifs à la vidange, aux déversoirs, au curage et à l'entretien sont les mêmes. En outre il convient que le réservoir soit le plus près possible des lieux où l'eau est employée. La seule raison qui pourrait entraîner à l'établissement de plusieurs réservoirs serait que la résistance du terrain ne se prêterait pas à des hauteurs d'eau considérables.

Conditions auxquelles l'emplacement doit satisfaire. — Au point de vue *topographique*, on donnera la préférence à la vallée qui présente un élargissement brusque très prononcé et une pente douce en amont de la digue projetée. Il conviendra, au contraire, que les ravins tributaires présentent une pente assez forte, mais uniforme. Quand les montagnes constituant la vallée sont couvertes de végétation, elles sont moins sujettes à amener des apports. Les terrains occupés devront avoir peu de valeur.

Au point de vue *géologique*, on étudiera le degré d'imperméabilité. Si la digue est maçonnée, on examinera avec soin la nature du sol au droit de cette dernière. Les roches primitives, telles que granits, porphyres, etc., sont les plus favorables pour les fondations; parmi les roches stratifiées, les meilleures sont le calcaire compact, c'est-à-dire sans trop de fissures, qu'il serait coûteux d'aveugler avec de la maçonnerie.

Quand ces couches stratifiées sont de peu d'épaisseur, surtout si elles ont une inclinaison de même sens que la pente de la vallée, ces fuites sont considérables.

Il y a des exemples de barrages établis sur l'argile, tels que ceux de Grosbois et de Chéliff; l'expérience a démontré qu'ils ne sont pas à suivre.

Si, par suite de l'épaisseur considérable des terrains d'alluvion, on ne peut atteindre le rocher et que les parois latérales d'encastrement du barrage sont rocheuses, il peut convenir de reporter la majeure partie des charges sur ces dernières à l'aide d'arcs de décharge.

Au point de vue de la construction, il y a lieu d'examiner les facilités d'approvisionnement et de transport de l'immense quantité de matériaux nécessaires à l'ouvrage.

IV

Calcul de la capacité du réservoir.

Dans le bassin proprement dit, il suffit de relever les couches

de niveau de **2** *m* en **2** *m* ou même de **4** *m* en **4** *m*, mais dans le voisinage de la digue, il est nécessaire de les avoir de **1** *m* en **1** *m*.

La capacité sera donnée par la somme des produits des surfaces moyennes successives multipliées par leur distance respective :

$$v = \frac{S + S'}{2} \times d.$$

On construira un diagramme des volumes d'eau en fonction des hauteurs de digues, ces volumes étant cependant réduits convenablement pour tenir compte des pertes dues à l'évaporation et aux infiltrations. La comparaison d'une série de tels diagrammes permettra de déterminer le projet le plus avantageux.

Évaluation des pertes. — Pour l'évaporation, une fois la hauteur de la digue déterminée, on se servira de la formule ministérielle

$$E = \frac{3}{5} e. S \frac{V}{Q} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{Qt}{V}\right)^{\frac{5}{3}} \right\}$$

Dans laquelle E est la perte cherchée.

— *e* la quantité évaporée par seconde et par *m* superficiel, valeur comprise entre :

$$\frac{0^{m3},004}{86\,400} \text{ et } \frac{0^{m3},010}{86\,400}.$$

— S l'aire relative à la hauteur d'eau admise.

— V la capacité du réservoir.

— Q le débit du bassin en mètres cubes par seconde

— *t* la durée de l'irrigation.

V

Nature de la digue.

Digue en terre. — La digue peut être exécutée en terre, en maçonnerie ou à la fois en terre et en maçonnerie. Ce dernier mode de construction doit être rejeté *a priori*, comme n'offrant pas plus de garantie au point de vue de la stabilité qui doit être assurée par la maçonnerie seule, qu'au point de vue de l'imperméabilité réalisée par la partie en terre seule. Elle offre en outre l'inconvénient de faire supporter aux murs toute la poussée des terres quand le bassin est vide. Enfin les modes de fondation dans ces deux natures d'ouvrage sont contradictoires.

En Amérique, on a exécuté des barrages en charpente métallique, c'est un cas spécial qui convient à des conditions climatériques et topographiques spéciales. Les plus grands réservoirs de cette nature sont ceux de Carpa (20 896 000 m^3 — 16 m de hauteur) et de Quisba (9 921 000 m^3 — 16,5 m de hauteur).

Mode de construction des digues en terre. — Les digues en terre sont surtout usitées aux Indes, en Chine, en Angleterre ; elles sont généralement construites en vue de l'irrigation. Pour le choix des terres de remblai, on exclura le sable, le gravier, et même l'argile pure, qui se fendille et perd par suite son imperméabilité. On emploiera de la terre ordinaire quelque peu argileuse (contenant une partie d'argile pour 1 1/2 de sable). On éliminera toute substance végétale susceptible de décomposition.

Les remblais seront constitués par couches de 0,15 m à 0,20 m, bien pilonnées : d'abord avec un rouleau compresseur lisse de 700 à 800 kg ; puis avec un cylindre à cannelures rectangulaires du poids de 12 000 à 15 000 kg de manière à obtenir un tassement de 0,04 m à 0,06 m. Il est quelquefois plus commode de procéder comme au barrage de Meurad (Algérie), par couches inclinées, parallèles au talus extérieur de la digue.

Si le délai d'exécution le permet, on aura avantage à ne recommencer le chargement que lorsque tout tassement aura cessé dans les couches terminées.

Si l'on ne dispose pas de quantités suffisantes de terres imperméables, on pourra construire un noyau intérieur en argile pure qui assurera l'étanchéité et, conservant son humidité à l'abri des agents atmosphériques, ne se fendillera pas. Mais, pour éviter des tassements inégaux, il est toujours préférable de n'employer que des matériaux homogènes sur toute l'étendue de la digue.

Il convient de revêtir le talus extérieur de pierres à sec pour le protéger contre l'érosion des vagues et les dégradations faites par certains animaux. Dans les digues de grande hauteur, on établit des banquettes de 1,50 m à 2 m de large.

Le talus extérieur est couvert de plantations, et la banquette supérieure constituée par une bordure pavée ou macadamisée sur laquelle les eaux puissent s'écouler facilement.

Dimensions de la digue, vidange et trop-pleins. — La largeur en

couronne, l, d'une digue en terre se détermine en fonction de s
hauteur h par la formule suivante :

$$l = 3\ m + \frac{5}{17}(h - 3).$$

Ce minimum de 3 m répond à la largeur indispensable au pa
sage du rouleau compresseur, dont on ne saurait autrement fai
usage, si à la suite d'un tassement, un rechargement était néce
saire. La digue d'Eckruk s'est encore abaissée de 0,75 m douz
ans après son achèvement.

La hauteur du couronnement, non comprise celle du parap
qui s'élève de 1 m environ au-dessus des plus hautes eau
est de 0,90 m à 1,50 m pour les petits réservoirs, de 2 m à 3,50
pour les grands. Ces précautions sont indispensables, car un
digue en terre par-dessus laquelle les eaux se déversent doit êt
considérée comme perdue. La catastrophe survenue à Johnstow
(Pennsylvania) n'a pas eu d'autre cause. Cette digue avait 10 m d
hauteur, 300 m de largeur, 15 m d'épaisseur au sommet et 90
à la base ; le déversoir n'avait que 22 m d'ouverture, et son seu
n'était qu'à 1,20 m du couronnement. A la suite de pluies cont
nues, l'eau s'éleva à un moment dans le réservoir à raison d
0,25 m par heure. Un second déversoir établi en toute hâte fu
insuffisant ; l'eau déborda. En deux heures la crête se romp
sur 3 m de largeur et l'ouverture s'élargissant rapidement, le
60 millions de mètres cubes emmagasinés se vidèrent en qua
rante-cinq minutes, détruisant de fond en comble douze villes
villages.

Quand l'alimentation du bassin est naturelle, il est indispe
sable de prévoir les décharges assez largement pour que, quelle
que soient les crues, la hauteur d'eau du bassin ne dépasse pa
la limite prévue. Il est même prudent de donner aux déversoi
des dimensions telles qu'ils suffisent par eux-mêmes ; car, dan
ces moments dangereux, les appareils de vidange peuvent ne pa
bien fonctionner. On peut compter 1 m à 1,50 m de débit pa
seconde et par kilomètre carré du bassin hydrographique.

Il est également important de prévoir largement les appare
de vidange, car le trop-plein ne fonctionne que lorsque le nive
de l'eau a atteint le seuil, c'est-à-dire au moment où les limit
entre lesquelles le niveau peut varier sont faibles.

On donne au talus intérieur de 2 m à 3 m de base pour 1
de hauteur, et au talus extérieur la pente naturelle des terr
employées à la construction de la digue.

Fondations. — Il faut établir une liaison parfaite entre la digue et le sol naturel. Quand le sol est perméable, si l'on trouve une couche imperméable à une certaine profondeur, on creuse un fossé dans l'axe de la digue, de manière à atteindre cette couche, et l'on comble ce fossé d'un mélange d'argile et de sable. Au barrage de Spring Valley (Californie) (de 29 *m* de hauteur), il a fallu pousser à 14 *m* de profondeur ce diaphragme imperméable.

La condition première pour une digue est l'imperméabilité ; or, comme cette condition ne peut être réalisée que par des digues en terre convenablement raccordées avec un sol terreux, ou par des digues en maçonnerie fondées sur le rocher, il en résulte que le choix de la nature de la digue dépend surtout de celle du sol. Pour les grands réservoirs, on a dit qu'il y a tout intérêt à augmenter la hauteur de la digue; or, quand cette hauteur dépasse 25 *m*, la maçonnerie est presque aussi économique que le terrassement, et d'une exécution moins délicate.

On construira des digues en terre chaque fois que la roche se trouvera à une trop grande profondeur; mais l'on ne devra guère dépasser la hauteur de 20 *m*.

VI

Digues en maçonnerie. — Leur forme en projection horizontale.

Les premières digues en maçonnerie furent construites en Espagne au XVI^e^ siècle. Bien que leurs dimensions ne répondent pas aux règles de la statique, leur forme circulaire en plan horizontal, à convexité tournée vers l'amont, est très logique, car la poussée sur les flancs de la gorge donne un excédent de sécurité, et la forme circulaire se prête à une certaine élasticité, dont on sait actuellement que la maçonnerie n'est pas dépourvue. Mais pour que la digue circulaire agisse comme une voûte, il ne faut pas que la largeur de la gorge dépasse une certaine limite. Au delà de 50 *m*, il ne faut tenir aucun compte de la courbure pour réduire l'épaisseur qui répondrait à la stabilité d'un barrage à axe rectiligne; au-dessous de 50 *m*, on peut, au contraire, économiser tout l'excédent de cette largeur, calculée sur celle de la gorge.

La forme curviligne favorise l'étanchéité en donnant naissance à une pression sur les flancs et en s'opposant à la production de fissures sur le parement extérieur.

Quand la section verticale de la gorge se rétrécit dans le bas, il est évident qu'en réduisant l'épaisseur des assises successives proportionnellement à leur portée, les assises inférieures pourraient être moins larges que celles qui se trouvent au-dessus; pour éviter ce porte-à-faux, on est donc obligé de donner aux assises inférieures des épaisseurs plus grandes que celles que le calcul indique.

Le barrage de Zola (Provence), dont la hauteur est de 36,5 *m*, la longueur en couronne de 62,50 *m* et la base de 7 *m* seulement, est le seul où dans les calculs on ait tenu compte du bénéfice dû à la forme circulaire. En général donc, il conviendra de conserver cette forme, mais de calculer la digue comme si son axe était rectiligne.

Si l'axe est rectiligne en fait, toutes les sections verticales sont uniformes. On donnera à cet axe une direction approximativement normale au courant, à moins qu'elle ne conduise à un allongement considérable de l'ouvrage, et ne se prête pas à de bonnes conditions d'encastrement sur les flancs.

VII

Nature des matériaux. Densité et résistance de la maçonnerie.

Le choix des matériaux est ici encore plus important que dans toutes autres constructions. On préférera à la pierre de tailles, une bonne maçonnerie à mortier de chaux hydraulique et à joints incertains; car si la pierre de taille offre une résistance deux fois plus grande, elle est quatre fois plus coûteuse. De plus, pour satisfaire aux conditions de stabilité le réservoir étant plein ou vide, il faut élargir la base à tel point que la pierre de taille ne travaillerait qu'à une faible partie de ce qu'elle peut supporter.

Le poids spécifique de la maçonnerie a une grande influence sur les résistances de diverses natures et, entre autres sur la résistance au glissement. On déterminera soigneusement par expérience le poids spécifique de la pierre et du mortier employés et celui de la maçonnerie correspondante en tenant compte de la perte de poids due à la dessiccation.

Le chiffre maximum à adopter pour le poids du mètre cube sera de 2300 *k*.

Les chiffres admis pour la pression admissible de la maçonnerie

sont généralement très bas. On pourra cependant adopter sans crainte 9 *k* par centimètre carré pour une maçonnerie de calcaire ou granit dur avec mortier éminemment hydraulique. — Si le réservoir ne devait être rempli que progressivement au fur et à mesure du durcissement complet des diverses assises (soit dix ans après leur achèvement complet), on pourrait même admettre un chiffre plus élevé.

VIII

Hauteur et largeur du couronnement.

La hauteur du couronnement au-dessus des plus hautes eaux du réservoir dépend de la hauteur des vagues qui peuvent se former et, par suite, de la profondeur du bassin. Elle varie de 0,50 *m* à 3,60 *m* pour les profondeurs d'eau de 5 *m* à 70 *m* (on a observé des vagues de 3 *m*).

Quant à la largeur du couronnement, elle varie de 1,70 *m* à 5,20 *m*, 1,70 *m* étant un minimum nécessaire pour assurer les communications entre les deux rives.

IX

Conditions de stabilité.

Les digues maçonnées doivent être calculées dans les deux cas suivants :

1° Quand le réservoir est en pleine charge et que la poussée de l'eau s'exerce sur toute son étendue en raison uniquement de la pesanteur ;

2° Quand le réservoir est vide, et que la digue n'est sollicitée que par son propre poids, (ce deuxième cas parce que lorsque la poussée de l'eau ne déplace pas la résultante du poids de la maçonnerie, celle-ci dans une digue de grande hauteur peut déterminer sur le parement intérieur une pression dépassant cette limite admise, et on est alors obligé d'élargir la base du côté du réservoir).

Il est évident que si la stabilité est assurée dans ces deux cas extrêmes, elle le sera dans tout cas intermédiaire, c'est-à-dire pour une hauteur d'eau quelconque plus faible que la hauteur limite.

Les conditions qui assurent la stabilité dans ces deux cas sont les suivantes :

1° La résultante de la poussée des eaux et du poids de l'ouvrage doit rester, à l'intérieur du massif, à une distance suffisante pour que la pression ne dépasse en aucun point $9k$ par centimètre carré.

2° L'angle de cette résultante avec la normale à la base doit être moindre que l'angle de frottement de la maçonnerie (on prendra 37°20 pour cet angle, soit 0,76 pour sa tangente).

La première condition se trouve généralement réalisée quand la courbe de pression se maintient dans le tiers intérieur du mur, car alors ce dernier ne subit que des efforts de compression; dès que, au contraire, la courbe des pressions sort de cette zone centrale, le mur peut être sollicité par des efforts de traction. On doit éviter que de tels efforts se produisent sur le parement en regard des eaux, car au moindre défaut de construction, il peut se produire des fissures qui amènent fatalement la ruine de l'ouvrage. Il arrive généralement que l'angle de la résultante totale avec la normale se rapproche beaucoup de celui qui répond au coefficient de frottement, de sorte qu'il est de toute importance que ce dernier ne soit pas modifié défavorablement par l'introduction des eaux.

L'effort maximum ρ, par unité de surface, a lieu au point le plus éloigné du centre de gravité de l'assise considérée et a pour expression :

$$\rho = \frac{N}{sl}\left(1 \pm \frac{6\,d}{s}\right).$$

dans laquelle :

N représente la résultante de toutes les forces mises en jeu.

l la longueur de la portion du mur considérée, comptée normalement à la section.

s la largeur de l'assise.

d la distance du centre de pression au centre de gravité de l'assise considérée.

On affectera cette expression du signe + ou — suivant que les points considérés seront d'un côté ou de l'autre de la courbe des pressions.

Profil type proposé. — Pour obtenir le profil d'un barrage maçonné, on divisera ce dernier en trois tranches horizontales. La première, la plus élevée, a ses parements verticaux; sa largeur cons-

tante est telle que la pression ne dépasse pas la valeur de ρ exprimée plus haut. La seconde a le parement en amont vertical, et le parement opposé incliné de façon que la section s'élargisse en descendant pour que la valeur de ρ reste constante. La dernière zone, celle du fond, s'élargit des deux côtés à la fois: en amont pour répondre aux conditions d'équilibre relatives au bassin à vide, et en aval à ces mêmes conditions quand le bassin est en pleine charge.

On peut donner à ces parements, soit la forme exacte de la courbe indiquée par l'analyse, soit celle d'une polygonale inscrite dans cette courbe, soit pour les murs de faible hauteur un talus uniforme, c'est-à-dire rectiligne, se rapprochant de la forme théorique.

L'auteur donne, d'ailleurs, un tableau des divers éléments qui permettent de tracer géométriquement ce profil, de manière qu'il réponde parfaitement à toutes les conditions désirables pour toute hauteur de retenue variant de $5\,m$ à $70\,m$.

X-XI-XII

Vérification des conditions de stabilité.

Ces divers chapitres ont pour objet, une fois que l'on a tracé le profil d'un barrage d'après les données précédentes, de vérifier sa stabilité, dans le cas du réservoir vide et dans celui où il est supposé en charge. Le mode de tracer les courbes de pression répondant à ces deux cas est indiqué dans tous ses détails, ainsi que la manière de modifier convenablement le profil, dans le cas où, ces courbes sortant de la zone centrale, la maçonnerie aurait à subir des efforts d'arrachement comme nous venons de voir. Cette zone se détermine en joignant d'un trait continu les tiers correspondants des largeurs de toutes les assises. Enfin il est encore indiqué comment on peut doubler ou augmenter dans une proportion voulue la sécurité de l'ouvrage.

XIII

Quelques conseils pour l'exécution du barrage.

On ne saurait apporter trop de soins à l'exécution de ces ouvrages. En général, il est préférable d'adopter une seule espèce de

maçonnerie, et, comme il a été dit, la maçonnerie de moellons avec mortier éminemment hydraulique est la plus convenable. Les assises ne devront pas être réglées horizontalement, mais bien mosaïquées pour qu'elles présentent des parties saillantes dans toutes les directions, contribuant ainsi énormément à donner au mur la cohésion voulue et une résistance que l'on peut comparer sans hésitation à celle d'un monolithe. Ce mode de construction assure d'ailleurs l'imperméabilité.

On évitera le béton qui offre une résistance moindre que la maçonnerie.

Il est bon de multiplier le nombre des surveillants (un par dix maçons). On élèvera le mur par assise de 1,50 *m* environ sur toute la largeur et, si possible, sur toute la longueur du mur, de manière à éviter des tassements inégaux. On obtiendra rarement une imperméabilité parfaite du premier coup; les suintements qui se manifestent les premiers temps disparaissent à la longue. On les évitera en n'employant pas de pierres poreuses. Quant aux infiltrations sous le mur même on y obviera en mettant à nu le fond rocheux du bassin sur 20 *m* à 25 *m* en amont du barrage et bouchant avec du mortier ou de la maçonnerie les crevasses que la roche peut présenter. On soignera tout particulièrement la liaison du barrage avec son encadrement rocheux rendant les surfaces de contact rugueuses pour faciliter l'adhérence du mortier et procédant de suite au rejointoiement. On fera usage de mortier de ciment pour le parement amont, la base et les parois contre le rocher; pour le parement aval, un mortier de bonne chaux hydraulique suffira.

XIV

Installations accessoires.

Les installations accessoires sont de deux espèces : celles qui font partie du réservoir et celles relatives à l'adduction des eaux au lieu d'emploi.

Parmi les premières figurent la prise d'eau, les appareils de vidange et les trop-pleins. Quelquefois, par une construction spéciale, on n'admet dans le bassin qu'une partie seulement de l'eau disponible, la partie superflue étant dérivée par un canal établi à cet effet tout autour du réservoir. On pare ainsi au danger des crues et on évite les ensablements ou envasements, condition très avantageuse quand le réservoir est destiné à une alimenta-

tion d'eau potable. L'eau peut passer du canal dans le réservoir par une seule ou plusieurs ouvertures et cette dernière méthode est préférable, car la manœuvre de petites vannes est plus facile. Les eaux superflues sont recueillies dans le canal d'enceinte qui les déverse dans le ravin en aval du barrage. Il convient de donner à ce canal une profondeur de 3 *m*, une largeur de 5,50 *m* au plafond et des talus de 1/5. Avec une pente de 0,012 *m* par mètre, cette section peut débiter 90 m^3 par seconde. Ce canal doit être constamment en tranchée ; une banquette permet d'en suivre le cours et un petit parapet de sûreté de 0,60 *m* de hauteur le sépare du réservoir. Il sera toujours établi au-dessus des plus hautes eaux de ce dernier, excepté dans le voisinage du déversoir, de manière à servir au besoin à évacuer les eaux surabondantes de ce dernier.

XV

Prise d'eau.

La prise d'eau est l'ensemble des dispositions qui permettent de mettre en communication l'eau du réservoir avec les conduites de distribution.

Ces dispositions sont très nombreuses, mais dérivent toutes de trois systèmes (les systèmes espagnol, français et mixte).

Dans le système espagnol, il n'y a qu'une conduite à la base du barrage ; elle est en communication en amont avec un puits vertical ménagé dans le mur et percé sur toute sa hauteur d'ouvertures débouchant dans le réservoir. En aval, cette conduite est munie d'une vanne qui en règle le débit. Ce système est très simple et économique, et on l'emploiera de préférence pour les faibles débits (3 m^3 au maximum) ; il n'affaiblit pas l'ouvrage, mais il donne lieu à des pressions considérables sur la conduite et la vanne, pressions qui rendent la manœuvre de celle-ci très difficile.

Dans le système français, on ménage une série d'ouvertures munies de vannes et séparées les unes des autres par des hauteurs de 4 à 6 *m;* ces ouvertures débouchent dans autant de galeries superposées, communiquant toutes avec le même puits vertical. On ouvre les vannes les unes après les autres, en commençant par la plus élevée; la manœuvre en est facile, puisque ces vannes ne subissent que la pression d'une colonne d'eau de

faible hauteur, et l'on obtient facilement un débit constant; mais le grand nombre d'ouvertures affaiblit l'ouvrage.

Le système mixte a pour but de supprimer les inconvénients de l'un et de l'autre système, tout en en conservant les avantages. La conduite horizontale est creusée dans la roche même sur laquelle le mur est fondé, à 10 ou 15 *m* au-dessous du réservoir; elle communique avec un puits, non plus ménagé à l'intérieur du mur, mais construit en dehors du parement et qu'on pourrait par suite, sans aucun danger, percer d'un grand nombre d'ouvertures; mais on se contentera d'un nombre restreint de ces dernières et l'on munira chacune d'elles d'une vanne, de manière à pouvoir les utiliser les unes après les autres en commençant par la plus haute, comme dans le système français. On peut obtenir automatiquement un débit constant en disposant les vannes de manière qu'elles fonctionnent sous l'influence de la pression qu'elles supportent.

Il sera très utile d'adjoindre une galerie de décharge spéciale; elle permettra de vider le bassin pour procéder aux réparations et rendra de grands services pendant la construction pour détourner les eaux en aval.

Puis vient la description des dispositions adoptées dans les principaux réservoirs et que l'on peut prendre comme exemple, puisqu'elles ont fait leurs preuves; on y trouvera tous les détails des réservoirs d'Haniez, de Djidionia, de Habra en Algérie, de Villa en Espagne, de Furens et de Vengeanne en France.

XVI

Vidange.

Il est de toute nécessité de pouvoir assurer la vidange complète du réservoir. En effet, les boues entraînées par les torrents ne tarderaient pas à combler ce dernier, si l'on ne prévoyait pas des moyens de curage. On ne peut pas toujours établir, en effet, l'installation accessoire de dérivation des eaux superflues et, d'ailleurs, elle n'est pas suffisante.

L'appareil de vidange consiste généralement en une ou deux galeries de 3 à 4 m^2 de section, dont la partie amont se trouve au point le plus bas du réservoir, et la partie aval s'évase vers la sortie.

Les méthodes de vidange peuvent se classer en deux groupes, celui de la *porte espagnole* et celui des *ouvertures multiples*.

Dans le premier groupe, la galerie de chasse est fermée par une porte en bois que l'on démolit au moment opportun, pour laisser toute l'eau du réservoir se déverser naturellement sous la pression considérable à laquelle elle est soumise, entraînant avec elle tous les dépôts accumulés.

Dans le deuxième groupe, on range toutes les méthodes dans lesquelles on n'utilise qu'une partie de l'eau du réservoir pour opérer cette vidange; mais, bien que ce système ait donné parfois de bons résultats, grâce à des circonstances locales favorables, il n'est pas à recommander jusqu'à plus ample expérience.

L'opération de vidange (méthode espagnole) se fait tous les quatre ou cinq ans, quand le dépôt a atteint 20 *m* de hauteur et qu'il a acquis une grande consistance, condition nécessaire au succès de l'opération. Il faut encore qu'il y ait environ 5 *m* d'eau au-dessus du dépôt. Il convient d'opérer la vidange au printemps, quelque temps avant que les sources d'alimentation du bassin ne soient abondantes, de manière à disposer de l'eau nécessaire pour remplir de nouveau le réservoir.

Après avoir démoli la porte, à l'aide d'une tige de fer très pesante, on perfore un trou dans la croûte superficielle des dépôts; et quand ce trou est assez profond pour que la pression de l'eau qui y pénètre puisse vaincre la résistance des boues durcies, ces dernières commencent à se mettre en mouvement, d'une façon lente tout d'abord, mais dès que l'eau a trouvé son débouché, une véritable avalanche se précipite dans la vallée; toutes les boues sont ainsi évacuées, sauf de rares dépôts que quelques ouvriers suffisent pour chasser à la main.

La vidange d'Alicante, opérée en 1876, n'a coûté que 10 000 *f*, soit 0,0005 *f* par mètre cube de déblais; et, cependant, sur cette somme, il y eut 8 000 *f* de main-d'œuvre exceptionnelle, occasionnée par la reprise à bras d'homme d'une quantité considérable de dépôts que la chasse n'avait pas enlevés.

Des procédés nouveaux de vidange ont été proposés et expérimentés, tels que celui de M. Jandin, Ingénieur à Lyon (système du syphon mobile), de M. Calmels (air comprimé empêchant les dépôts de s'accumuler contre le mur, point de départ de l'envasement général des canaux hélicoïdaux); mais aucun ne vaut le procédé de la porte espagnole qui permet d'ouvrir la vanne de

vidange à toute époque, de manière à servir d'auxiliaire au versoir lors des grandes crues.

XVII

Trop-pleins.

Les dimensions de l'ouverture de trop-plein devraient être te qu'elles puissent évacuer facilement toutes les eaux de cr Pour éviter de trop grandes sections, on peut dans une cert mesure faire concourir à cet objet l'ouverture de vidange. outre, si l'eau arrive en quantités trop considérables, pour trou passage par le déversoir, la lame d'eau au-dessus du seuil d dernier augmenterait rapidement d'épaisseur, élevant par s le niveau de l'eau du réservoir à des hauteurs plus grandes celles qui répondent aux conditions de stabilité de l'ouvr C'est ce qu'il faut éviter à tout prix et c'est dans ce but q adjoint généralement au déversoir une seconde ouverture a principalement pour rôle d'évacuer une grande partie des e amenées par les crues.

Dans quelques anciens barrages espagnols le déversoir est tiqué sur le barrage lui-même; c'est un exemple à ne pas im et si même la maçonnerie présente beaucoup plus de gara que la roche naturelle, il est plutôt à conseiller de revêti maçonnerie les parties que l'eau peut frapper et de construir canal à chutes pour l'emmener. Ce canal sera établi sur le f de la colline avec des paliers intermédiaires ayant pour bu rompre la violence du courant.

XVIII

Adduction de l'eau du réservoir aux lieux d'emplo

Le réservoir est généralement assez éloigné des lieux d'em attendu que les eaux sont utilisées dans les plaines ou dans villes, tandis que ce n'est que dans la partie montagneuse torrents que l'on peut trouver toutes les conditions topogra ques et géologiques que nécessite cette construction.

Quand l'eau est destinée à l'alimentation d'une ville ou d blissements industriels, la conduite la plus avantageuse est réa par des tuyaux; quand il s'agit, au contraire, de l'alimenta

d'un canal ou d'irrigations, on préférera un chenal qui suivra le thalweg. Ce chenal peut être parfois très coûteux de premier établissement et d'entretien, et l'on se résout alors à utiliser le lit du torrent lui-même, en établissant à peu de distance, en amont de la plaine, une digue permettant de distribuer cette eau dans les divers canaux d'irrigation. Il est évident que le chenal latéral occasionne beaucoup moins de pertes d'eau que le lit du torrent. C'est ainsi qu'à Alicante, sur un parcours de 15 *km*, la perte d'eau est évaluée à 335 *l* sur les 900 *l* qui constituent le débit; mais il faut tenir compte aussi de l'apport des deux versants de la vallée, en sorte que la différence n'est pas aussi grande qu'on pourrait le croire. On donnera la préférence à la conduite forcée, au chenal ou au lit du torrent, suivant l'abondance de l'eau dont on dispose, la distance du réservoir au lieu de distribution, la perméabilité plus ou moins grande du lit du torrent.

XIX

Discussion des objections faites à la construction de bassins de retenue.

Danger de rupture du barrage. — On peut citer huit catastrophes survenues à la suite de rupture de barrages, mais si l'on en recherche les causes on trouve que dans chacun de ces cas l'ouvrage présentait une infraction aux règles de l'art précitées.

1° Digue en terre de *Dale Dike*, près de Sheffield (300 000 m^3) en Angleterre. Cette digue avait une hauteur de 28,95 *m*. Il a été dit qu'il n'est pas prudent de dépasser 20 *m* de hauteur dans une digue en terre;

2° Réservoir de *Puentes* en Espagne (52 000 000m^3), hauteur : 50,06 *m*. Le barrage était fondé sur des pieux de 6,70 *m* disposés en quinconces et entretoisés par des tirants en fer. Les têtes de ces pieux étaient noyées dans un massif de fondation encastré de 2,25 *m* seulement dans le gravier du lit. Tant que le niveau de l'eau se maintint à des hauteurs modérées, des filtrations insensibles se produisirent dans le gravier emprisonné entre les fondations et le rocher. Mais l'eau s'étant élevée accidentellement à 46,80 *m*, la couche de gravier fut entraînée et la digue s'écroula;

3° La digue de *Habra*, en Algérie, a été fondée sur un terrain

hétérogène, constitué par une série de bancs alternatifs de sa et d'argile;

4° et 5° La digue des *Grands Cheurfas*, en Algérie égaleme fut détruite à la suite d'un éboulement survenu sur 40 *m* largeur, provoqué par des infiltrations qui se produisirent, dès q le bassin fut rempli. La masse d'eau qui s'écoula dans le ra fut telle que le barrage du Sig, situé en aval, fut submergé 5,50 *m* et détruit également. La roche sur laquelle étaient é blies les fondations des Grands Cheurfas était un calcaire tend fendillé dans tous les sens;

6° La digue de *Sonsier*, en Suisse, avait des dimensions insu santes et reconnues comme telles par les ingénieurs consul avant la catastrophe; on négligea d'exécuter les travaux qu conseillèrent d'entreprendre pour améliorer la stabilité de l'o vrage;

7° Le réservoir de *Williamsburg*, dans l'État de Massachuset construit en maçonnerie sur un remblais en terre, périt par l'i tion lente de l'eau sur la partie en terre. Cette construct mixte est à rejeter, comme incompatible avec l'imperméabil désirable;

8° La digue de *Johnstown*, en Pensylvanie, a été détruite par débordement des eaux du réservoir, occasionné par l'incurie ceux qui en étaient chargés. Cette digue, longtemps abandonn fut si mal réparée qu'un tassement de 1 *m* se produisit dans milieu du barrage. Loin de se préoccuper de la diminution sécurité résultant de l'abaissement correspondant du mur de vanche, on laissa le canal de vidange s'obturer et, pour comb on construisit au-dessus du déversoir, pour des besoins étrang à son exploitation, un pont qui masquait la moitié de l'ouvertu de cette décharge. Le déversoir devint insuffisant et le barra fut emporté par une crue.

Les mouvements qui se sont produits dans les murs des rés voirs de l'Hamir, de Grosbois et de Bousey peuvent être att bués à des causes analogues.

Infiltrations. — Les infiltrations que l'on reproche aux gran réservoirs peuvent se produire soit par les flancs et le fond de gorge ou sous les fondations mêmes, ou par le barrage.

Les premières sont à craindre, surtout au point de vue écon mique. On a vu comment on pouvait les prévenir.

Les filtrations résultant de la mauvaise nature du sol sur

quel le barrage est fondé sont tellement graves, qu'il faut, soit renoncer à l'emplacement, soit se résigner coûte que coûte à obturer toutes les fissures.

Les suintements à travers le mur sont inévitables les premières années, mais ils sont peu importants et n'offrent pas grand inconvénient.

Influence du réservoir sur le climat des environs. — Ce que l'on reproche le plus souvent aux grands réservoirs, c'est de rendre insalubres les localités où ils sont établis.

Jamais le climat d'une région n'a eu cependant à souffrir de la présence d'un réservoir ; bien au contraire, partout où règnent des fièvres paludéennes par suite de l'écoulement intermittent des eaux, ils améliorent d'une façon merveilleuse les conditions hygiéniques locales. Les régions désertes et malsaines où les bassins de Habra et de Sig ont été construits le démontrent péremptoirement, attendu qu'elles sont transformées depuis en riantes campagnes.

Et, en effet, les grands réservoirs ne sont pas autre chose que des lacs artificiels qui mitigent l'air hivernal et renouvellent l'humidité enlevée par les ardeurs solaires.

Atterrissement des bassins. — Les plus grands inconvénients que l'on puisse reprocher aux réservoirs, c'est leur atterrissement rapide. Tous les cours d'eau entraînent avec eux une certaine quantité de matières solides qui se déposent au fur et à mesure que la vitesse de l'eau se ralentit. Les divers torrents de l'Algérie principalement charrient des quantités considérables de sable, gravier et vase. Dans le réservoir de Djidionia dont la capacité est de 2 000 000 m^3 il se dépose annuellement 250 000 m^3 de matières solides, soit 1/8e de sa capacité. Le réservoir d'Alicante, le plus désavantageux de l'Espagne sous ce rapport, ne s'envase que de 1/25e de sa capacité par an. Mais si l'on n'obtient pas un curage satisfaisant, cela tient à l'insuffisance des procédés employés pour la vidange. Le procédé espagnol permet d'expurger régulièrement avec des intervalles convenables toutes les matières déposées.

En résumé, les objections faites à la construction des bassins de retenue n'ont pas plus de valeur que celles que l'on peut faire à toute autre construction, chemins de fer, canaux, etc., où il ne peut y avoir péril que lorsque l'on n'observe pas les règles imposées par l'art de l'Ingénieur.

XX

Conditions économiques des grands bassins de retenu

Le prix d'établissement des grands bassins de retenue var dans de telles limites, suivant la localité et la destination d eaux, qu'il est difficile de tirer une conclusion générale relati au plus ou moins de convenance de ces ouvrages. Néanmoin partout et principalement en Espagne, ils ont répondu aux prév sions et offrent des avantages économiques réels.

Le prix du mètre cube d'eau emmagasiné diminue rapideme avec l'augmentation de capacité du réservoir. On trouvera pl loin quelques chiffres extraits du tableau des principaux bassi de retenue de diverses contrées, donnant en regard la haute du barrage, la capacité du réservoir, la surface occupée et le pr d'établissement du mètre cube d'eau emmagasiné.

Il est difficile de relever les dépenses d'exploitation (survei lance, entretien, curage), car elles se trouvent généralement co binées à d'autres dépenses accessoires, se rattachant plus moins directement au bassin de retenue.

On pourra cependant utiliser les chiffres suivants dans u avant-projet :

On dépense annuellement au réservoir

De Saint-Étienne	10 000 *f*
D'Orbeis.	5 000 *f*
D'Alicante	70 000 *f*
Aux 4 réservoirs américains (ensemble).	625 000 *f*

Pour terminer, l'auteur donne la description et le dessin d principaux bassins de retenue de tous pays, avec barrage en m çonnerie ou digue en terre.

Parmi les premiers figurent 13 réservoirs espagnols, 19 fra çais, 7 algériens, 2 italiens, 1 belge, 1 alsacien, 1 anglais, 1 au tralien, 1 indien, 1 chinois, 5 américains, soit 49 types divers.

Parmi les seconds, 1 en France, 1 en Ecosse, 1 en Afriqu 1 en Amérique.

CONTRÉE	OUVRAGES LES MOINS COUTEUX				OUVRAGES LES PLUS COUTEUX				PRIX MOYEN du MÈTRE CUBE D'EAU emmagasiné
	PRIX du MÈTRE CUBE D'EAU emmagasiné	DÉNOMINATION DE L'OUVRAGE	CAPACITÉ en millions de MÈTRES CUBES	HAUTEUR du BARRAGE	PRIX du MÈTRE CUBE D'EAU emmagasiné	DÉNOMINATION DE L'OUVRAGE	CAPACITÉ en millions de MÈTRES CUBES	HAUTEUR du BARRAGE	
Digues en terre.									
France	0,087 *f*	Liez (Langres).	15	14,4	0,3125 *f*	Mouche (Langres).	9,3	20,4	0,21 *f*
Indes	0,0375 *f* 0,0284 *f*	Ekruk (Sholopor). Shirsuphal.	95	17,98	0,0598 *f*	Pangoan.	»	15,54	0,045 *f*
Barrages en maçonnerie.									
France.	0,2144 *f*	Canal de l'Est (Bouzey).	7,1	0,45	0,9937 *f*	Gouffre d'Enfer (Furens).	1,6	50	0,45 *f*
Algérie	0,0724 *f*	Grands-Cheurfas.	16	30	0,40 *f*	Tarnay.	2,5	»	0,225 *f*
Espagne.	0,07 *f*	Hijar.	17	40	0,4112 *f*	Elda.	0,06	6	0,08 *f* (en défalquant le réservoir d'Elda de dimensions exceptionnellement petites.)

NOMENCLATURE DES BASSINS DE RETENUE

décrits Chapitres XXI à XXVI.

Barrages en maçonnerie.

XXI

ESPAGNE. . . . . :

- Réservoir de Almanso.
- — Alicante ou de Tibi.
- — Elche.
- — Huesca.
- — Puentes.
- — Gasco ou de Guadarrama.
- — Val del Inferno.
- — Nijar.
- — Ponton de la Oliva ou de Loyola.
- Nouveau réservoir de Puentes.
- Réservoir de Villar.
- — Hijar.
- — Elda.

XXII

FRANCE . . . . . :

- Réservoir de Lampy.
- — Vioreau.
- — Bosmelea.
- — Glomel.
- — Gros-Bois.
- — Tillot.
- — Chazilly.
- — Tholay ou de Zola.
- — Furens.
- — Ternay.
- — Verdon.
- — Rive-sur-Ban.
- — Pas-du-Riot.
- — Bouzey.
- — Pont.
- — Cotatay et de la Tâche.
- — Vingeanne.
- — Remilly.
- — Frahier.

XXIII

Algérie	Réservoir de	Sig.
	—	Oued Magoum.
	—	Habra.
	—	Hamiz.
	—	Tlelat.
	—	Djidionia.
	—	Grands-Cheurfas.

XXIV

Italie	Réservoir de	Cagliari.
	—	Gorzente.
Belgique	—	Gileppe.
Alsace	—	Alfeld.
Angleterre	—	Vyrnwy.

XXV

Australie	Réservoir de	Geelong.
Indes	—	Poona et de Toolsee.
Chine	—	Tytam.
Amérique	—	Boyds Corner.
	—	Bridgeport.
	—	San Matteo.
	—	Sodom,
	—	Quakerbridge.

XXVI

Digues en terre.

Afrique	Réservoir de	Mœris.
Amérique	—	Johnstown.
Écosse	—	Mugdock.

CHRONIQUE

N° 146.

Sommaire. — Recherches sur la condensation de la vapeur dans les cylindres des machines. — Le chemin de fer du Cervin. — Équilibre des machines verticales. — Concours pour un projet de station centrale de force motrice. — Les établissements Krupp à Essen. — Transmission électrique de force.

Recherches sur la condensation de la vapeur dans les cylindres des machines. — Dans la Chronique de juillet 18[illegible] page 109, sous le titre « Mouvement de la chaleur dans les parois des cylindres à vapeur », nous avons donné quelques indications sommaires sur la méthode thermo-électrique proposée par le professeur Edwin H. pour étudier les échanges de chaleur qui se font dans les cylindres des machines à vapeur. Nous n'avions alors pu qu'indiquer le principe de cette méthode. Nous trouvons aujourd'hui dans le *Railroad and Engineering Journal* le texte de la communication faite par M. Edwin H. devant l'*American Institute of Electrical Engineers*, et il nous paraît utile de la résumer, vu l'intérêt que présentent cet ordre d'investigations et l'importance de la question.

L'auteur rappelle que la question de la condensation dans les cylindres est aussi vieille que la machine à vapeur. Avant Watt, la liquéfaction de la vapeur se faisait dans le cylindre lui-même, d'abord par le refroidissement de celui-ci à l'intérieur, puis plus tard par l'injection d'eau froide à l'intérieur; il en résultait que, lorsque la vapeur était admise de nouveau, elle trouvait le cylindre entièrement refroidi. Une grande partie de la vapeur nouvellement admise devait se condenser pour ramener les parois à sa propre température et l'eau ainsi formée retombait presque tout entière au fond du cylindre.

Watt apporta à la machine à vapeur un très grand perfectionnement par l'introduction du condenseur séparé qui permet de liquéfier la vapeur sans refroidir le cylindre comme il l'était auparavant, mais ce perfectionnement n'a pas entièrement supprimé la condensation dans le cylindre pendant l'admission, puisqu'il est aujourd'hui presque universellement admis que c'est cette condensation qui constitue la plus grande perte pratique de calorique des machines à vapeur. Les auteurs qui se sont occupés de ce genre de moteurs ont consacré beaucoup de travail à l'étude des causes de la condensation aux cylindres et on s'est beaucoup moins occupé des moyens de remédier à cette source de perte, bien que quelques recherches aient été faites dans cet ordre d'idées.

Le phénomène de la condensation à l'admission et de la revaporisation ultérieure pendant la détente de l'eau ainsi produite se met en évidence par l'inspection d'un diagramme d'indicateur où le calcul du

de vapeur existant dans le cylindre à la fin de l'admission et à la fin de la détente fait souvent reconnaître une différence, dans le sens positif, très importante dans le second cas.

Il y a un peu plus de deux ans, M. Dickerson, de New-York, dans une communication à l'*Electric Club*, avança que cette différence attribuée à la condensation et à la revaporisation n'était due en réalité qu'à des fuites aux pistons et aux organes de distribution qui laissaient passer de la vapeur de manière à former la différence accusée par le diagramme. M. Dickerson, pour preuve qu'aucun organe de machine n'était rigoureusement étanche, affirmait qu'il n'y avait pas un bateau des environs de New-York qui ne pût marcher à 4 ou 5 milles à l'heure avec ses soupapes de prise de vapeur entièrement fermées (1).

Il y a certainement là une exagération et sans contester que, dans bien des cas, les fuites de vapeur puissent jouer un rôle dans la question qui nous occupe, il ne parait pas qu'elles puissent expliquer les pertes de vapeur sans l'intervention de la condensation au cylindre.

Mais, pour celle-ci même, il y a divergence, en ce que certains auteurs ont attribué la condensation pendant l'admission, non aux parois des cylindres, mais à de l'eau restée sur ces parois et provenant de condensations précédentes de vapeur. Ces divergences ont donné lieu à des polémiques célèbres entre savants distingués (2).

En présence de ces différences d'opinion, il a semblé à l'auteur que le moyen le plus efficace de résoudre la question serait de mesurer directement la quantité de calorique qui entre dans les parois des cylindres. Dans la figure 1, qui représente le cylindre d'une machine à vapeur, la

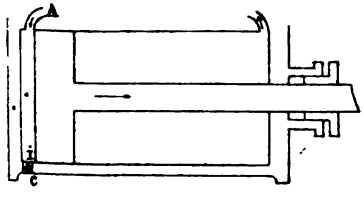


Fig. 1.

Fig. 2.

ligne *ie* représente l'épaisseur de la paroi. En *o* est un orifice percé pour recevoir l'indicateur, ce trou a environ 20 *mm* de diamètre et l'épaisseur de la paroi est un peu supérieure. On visse dans ce trou taraudé un bou-

(1) Cette assertion extraordinaire pourrait bien n'être basée que sur une confusion. Dans les bateaux à vapeur et surtout dans les anciens bateaux à roues, outre la prise de vapeur établie sur la chaudière et qu'on ne manœuvre qu'au commencement et à la fin du service, on a sur la machine un autre organe généralement une soupape à gorge qui sert pour les ralentissements et les arrêts, mais simultanément, dans ce dernier cas, avec le déclenchement de l'excentrique ou la mise au point mort de la coulisse. Or, cette soupape à gorge n'est pas assez étanche pour empêcher la marche de la machine, si on n'avait la précaution de suspendre le fonctionnement de la distribution. C'est probablement ce qu'a voulu dire M. Dickinson. A. M.

(2) On consultera utilement à ce sujet un article tout récent de M. L. Amspach intitulé: « Le rôle de l'eau dans les cylindres à vapeur; l'école alsacienne a-t-elle raison contre Zeuner » paru dans la *Revue Universelle de Liège*.

chon, représenté par la figure 3, recouvert par une rondelle de fer o

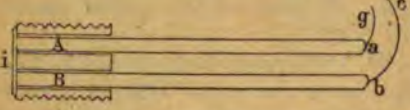


Fig. 3.

d'acier *i* d'épaisseur connue; bouchon porte deux trous qui p nètrent jusqu'à la rondelle *i;* da l'un se fixe un barreau A d'an moine et dans l'autre un barre B de bismuth, les deux piè étant bien isolées du bouchon et en contact avec la rondelle *i*. On s que le bismuth et l'antimoine forment ensemble le meilleur coup thermo-électrique qu'on ait pu réaliser jusqu'ici. L'antimoine est sou à un fil de cuivre *g*, le bismuth à un fil de cuivre *c*, et ces fils abouti sent à un galvanomètre. Lorsque les points de soudure *a* et *b* seron des températures différentes de celle de la rondelle *i*, qui met en comm nication électrique les deux barreaux A et B, il passera un courant da le galvanomètre et le sens du courant dépendra du fait que la temp rature des soudures sera supérieure ou inférieure à celle de la rondell

Voilà le principe de la méthode. Mais l'auteur comprit immédiateme qu'il n'était pas possible d'employer le bismuth et l'antimoine parce q la conductibilité pour la chaleur de ces substances était trop différe de celle du fer. Le but était de trouver la température d'une certai épaisseur de la paroi du cylindre à un certain point de la course. A effet, une came fixée sur l'arbre de la machine fermait le circuit *gc* point voulu.

On conçoit que, pour connaître la température du métal à une c taine profondeur dans la paroi du cylindre, on ne se trouve pas, avec bouchon, disposé comme il vient d'être expliqué, dans des conditio comparables. Pour y arriver autant que possible, il faudrait avoir pour barreaux A et B une conductibilité calorifique plus voisine de celle fer que n'est la conductibilité de bismuth et de l'antimoine. Le mie serait de trouver un métal qui formerait avec le fer lui-même un b couple thermo-électrique et dont la conductibilité se rapprocherait sen blement de celle du fer. Or, le nickel satisfait à cette condition.

L'auteur modifia donc le bouchon précédent de la manière représen

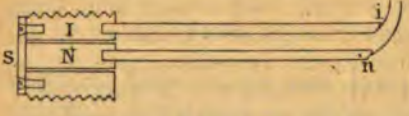


Fig. 4.

sur la figure 4. Sur sa face ex rieure est fixée par des vis u rondelle de fonte S d'une épa seur déterminée.

Le bouchon en fer I a un tr central dans lequel on place cylindre de nickel N isolé du bouchon, mais en contact avec la fonte Ce contact se fait par deux faces étamées sur une épaisseur qui ne passe pas un cinquantième de millimètre.

On réalise cette condition en serrant fortement l'une contre l'au dans un étau les deux pièces étamées très chaudes jusqu'à refroidiss ment complet. Au cylindre de nickel est fixé un fil de même métal et la même conductibilité, ce dont on s'est assuré expérimentalement ; peut d'ailleurs pour plus de sûreté étirer les fils d'après le barreau mè d'où est tirée la pièce N. Au fer est fixé un fil de fer.

Il a été fait trois bouchons de cette disposition ne différant que p

l'épaisseur de la rondelle de fonte qui avait respectivement 1/2, 1 et 2 *mm*.

Ceci posé, voici comment a opéré l'auteur. Il a d'abord employé le bouchon avec la rondelle la moins épaisse et a recherché la température à un point *k* de la course correspondant à la fin de la compression (voir le diagramme, fig. 2), c'est-à-dire au moment où va s'ouvrir l'admission. Il a opéré de même avec les deux autres bouchons. Sur la figure 5, la ligne D représente l'épaisseur des parois allant jusqu'à 4 *mm*. Les points 1/2, 1 et 2 sont marqués et sur chacun on élève des lignes correspondant aux températures trouvées. On tracera la courbe qui réunit ces points. On remarquera que la ligne verticale correspond à 109 degrés centigrades ; c'est la température qu'on a trouvée expérimentalement pour la surface de la paroi extérieure du cylindre.

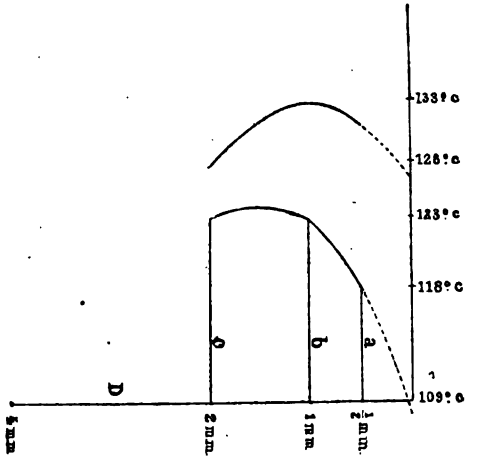


FIG. 5.

Les lignes horizontales sont donc les excès des températures intérieures sur celle-ci. La partie de la courbe tracée en pointillé est hypothétique, on n'aurait pas pu opérer avec des rondelles plus minces que 1/2 *mm*.

On voit qu'avec la rondelle de cette épaisseur on trouve un excès à fin de course de 9 degrés, avec la rondelle de 1 *mm* de 14 degrés et avec la dernière de même valeur à peu près.

On opère de même à un autre point *c* de la course correspondant à la fermeture de l'admission, soit au commencement de la détente ; les résultats sont exprimés par la courbe de gauche dont la partie supérieure est hypothétique comme pour la courbe précédente et pour la même raison. On voit que les températures trouvées sont notablement supérieures aux précédentes. On peut tracer ainsi un nombre quelconque de courbes correspondant aux divers points de la course. On conçoit que, on mesure avec un planimètre l'aire qui correspond à l'intervalle entre deux courbes consécutives. on pourra déterminer l'excès du calorique contenu dans les parois du cylindre au commencement de la détente sur celui qui y était contenu à l'ouverture à l'admission et cet excès représentera la quantité de chaleur fournie par la condensation de la vapeur pendant l'admission. Il faudra tenir compte bien entendu de la perte par transmission à travers les parois elles-mêmes. On opérera de même sur le diagramme d'indicateur et on verra si les deux résultats obtenus sont en concordance.

L'auteur a opéré sur d'autres points de la course comme on vient de l'indiquer. Il a trouvé, par exemple, qu'à 1/2 *mm* de profondeur, la température, dès le commencement de la détente, a déjà commencé à baisser,

qu'elle tombe rapidement pendant l'expansion et qu'au moment de l'ou verture de l'échappement elle n'est que très peu supérieure à la tempé rature à la fin de l'échappement. Mais les parties plus à l'intérieur de parois sont plus lentes à se refroidir. En réalité, le calorique pénètr dans les parois pendant l'admission ; dès que la pression commence baisser, l'évaporation de l'eau condensée se produit, la chaleur revien alors vers la surface, mais non pas entièrement.

Les recherches de l'auteur sont, comme il le reconnait lui-même, loi d'être complètes, mais elles mettent déjà parfaitement en évidence l'ab sorption du calorique par les parois des cylindres. Un calcul approx matif fait d'après les expériences réalisées sur une machine à un cylindr de 0,253 *m* de diamètre et 0,381 *m* de course de Kendall et Robert indique que pour 100 parties de vapeur qui agissent au commencement d la détente, il y en a 66 qui se sont condensées contre les parois pendan la période d'admission. Très probablement 40 0/0 du poids de vapeu qui entre pendant l'admission se condensent pendant le premier qua de la course. La machine marchait à 60 tours sans condensation ave une pression de 2,33 *kg* au-dessus de la pression atmosphérique et un expansion de 3 volumes environ. Si on examine les diagrammes relev simultanément avec les observations thermo-électriques, on consta que le poids de vapeur présent dans le cylindre à la fin de l'expansio est de 1,25 fois le poids présent à la fermeture de l'admission.

Quelle est la proportion de la chaleur absorbée par la couche d'ea restant de la course précédente, il est impossible de le savoir, mais l'a teur a des raisons de penser que l'existence de cette couche est réelle. n'est toutefois pas contestable que le fer agit d'une manière très effica pour la condensation de la vapeur et la question se pose très naturell ment s'il ne serait pas possible de recouvrir les parois internes d cylindres à vapeur d'un enduit qui préviendrait cette condensation da une assez large mesure. C'est peut-être difficile en ce qui concerne partie cylindrique sur laquelle le piston frotte en se déplaçant, mais n'en est plus de même des fonds de cylindres et des faces planes piston dont les surfaces, dans le cas de faibles admissions, représente plus de la moitié de la surface qui agit efficacement pour la condens tion pendant l'admission. Il ne paraît pas impossible de trouver quelq matière peu conductrice dont on puisse recouvrir ces parties et d'arriv ainsi à réduire très sensiblement la condensation pendant l'admissio Il serait facile de faire des recherches dans cet ordre d'idées avec bouchons qui ont été décrits plus haut. Ces bouchons seraient simp ment recouverts de l'enduit à expérimenter, ce qui serait beauco plus commode que d'en revêtir le cylindre entier; il serait facile ai de constater la variation dans l'absorption du calorique.

Les recherches dont il vient d'être question ont été effectuées aux frais fond de Rumford de l'Académie américaine des Arts et des Sciences. El paraissent ouvrir la voie dans un champ d'investigation intéressant. Il à peine besoin d'ajouter que l'idée de recouvrir les parois internes cylindres à vapeur d'une matière de capacité et de conductibilité ca rifiques moindres que celle du fer est loin d'être récente. On a succes vement proposé et même essayé le plomb, la porcelaine, le verre,

enduits divers, etc. Il nous suffira de rappeler les recherches de Lissignol, d'Emery, Westinghouse, etc. Nous avons eu occasion d'indiquer récemment que notre collègue, l'éminent professeur Thurston, pense qu'il y a peut-être dans cet ordre d'idées le champ le plus fécond et le plus immédiat de perfectionnement des machines à vapeur.

Le chemin de fer du Cervin. — Le Cervin ou Mâtterhorn est une montagne en forme de pic du canton du Valais, qui est la troisième sommité d'Europe comme altitude. Il vient après le Mont-Blanc (4 810) et le Mont-Rose (4 638), ayant son point culminant à 4 525 *m* au-dessus de la mer.

Une concession a été demandée pour l'établissement d'un chemin de fer aboutissant à son sommet. Nous trouvons à ce sujet les intéressants détails qui suivent dans une correspondance de Berne du *Journal de Genève :*

Grindelwald et Zermatt sont deux noms qui attirent. Le souvenir de l'un évoque le souvenir de l'autre. La comparaison entre ces deux célèbres rendez-vous de touristes s'éveille tout naturellement. L'un et l'autre offrent les tableaux les plus séduisants du monde des glaciers. Grindelwald a des montagnes qui l'emportent sur celles de Zermatt ; mais bien peu de panoramas au monde saisissent autant par la majesté de l'ensemble et des détails que celui du Gornergrat.

Aussi s'est-il établi entre ces deux villages de touristes une véritable rivalité. Grindelwald s'est relié à Interlaken par un chemin de fer ; Zermatt en a fait autant avec Viège.

Grindelwald a la perspective d'être relié de même, par Lauterbrunnen, au sommet de la Jungfrau ; Zermatt se prépare à avoir son chemin de fer du Cervin.

La nouvelle d'une concession pour un chemin de fer montant au sommet du Cervin a moins frappé l'imagination populaire, parce que ce projet n'est que le second en date, et que celui du chemin de fer de la Jungfrau avait déjà, si on peut s'exprimer ainsi, frayé la route à travers l'étonnement général.

A certains égards, cependant, il peut sembler plus hardi, parce que le Cervin a, plus encore que la Jungfrau, la réputation d'un sommet dangereux à ascensionner. Le Gervin est toujours associé, dans la pensée de beaucoup de personnes, au souvenir des Anglais Hudson, Hadow et Douglas, qui ont péri avec un guide dans une chute effroyable, le 14 juillet 1865, après avoir opéré la première ascension de ce pic redoutable. En réalité, le chemin de fer du Cervin offrira moins de difficultés de construction que celui de la Jungfrau.

La concession, demandée par les héritiers de M. M.-L. Heer-Betrix, de Bienne, et M. X. Imfeld, Ingénieur à Zurich, vise une ligne bifurquant en deux tronçons, soit ligne d'accès, un chemin de fer montant au Gornergrat et le chemin de fer du mont Cervin.

La ligne d'accès sera la continuation naturelle de la ligne Viège-Zermatt. Elle partira de la gare de celle-ci, passera sous le coteau à proximité du village, dans un petit tunnel, suivra en deçà du Triftbach le versant occidental de la montagne, atteindra la station de Gorge

(1 670 *m*) pour gravir, enfin, au moyen d'une crémaillère, en traver forêts et pâturages, jusqu'à la station « au Lac » (1 785 *m*), au pied rampes escarpées, point de départ du chemin de fer du Cervin. De matt au Lac, il y aura 2 900 *m* de longueur. De la station de Gorge embranchement de 700 *m* conduira par un rebroussement, après a franchi le Matter-Viège à la station Moos (1 670 *m*), point de dépar chemin de fer du Gornergrat.

Peu de chose à dire de la ligne du Gornergrat. Elle se divise en d tronçons. Le premier, long de 1 300 *m*, gravit, d'après le système funiculaire du Salvatore (Chronique d'août 1890, page 324), la uniforme et boisée qui sépare la station de Moos de l'hôtel de Riffela Le second, long de 4 250 *m*, est à crémaillère avec l'électricité com moteur; le tracé monte obliquement au-dessus du versant du Riffelb dans la direction de l'hôtel du Riffelberg, se développe avec une ra moyenne de 19 0/0 au travers du haut plateau du Riffelberg, pour a ver au « Rothen Boden », puis, à proximité du Reitweg, aux haut dénudées du Gornergrat.

Reste le chemin de fer du Cervin proprement dit, qui est le plus i ressant. Il se divise en trois sections.

La première, longue en projection de 1 140 *m*, avec une ra moyenne de 48 0/0, système du funiculaire du Salvatorre, condui la station « au Lac » à la station Schafberg (2 380 *m*). Le terrain versé par la ligne consiste en un pâturage en partie nu, en partie l rement boisé, d'une pente presque uniforme. Les voitures se ren treront au milieu du trajet, où les voyageurs seront transbordés.

La seconde section va jusqu'à la cabane de Whymper, au pied cône proprement dit du Cervin; longueur horizontale, 4 350 *m;* hau à gravir, 820 *m;* rampe moyenne, 18 0/0; voie à crémaillère avec l'é tricité pour moteur. La ligne s'élève sur des Alpes découvertes s'in nant légèrement, à l'est et au midi, jusqu'à la halte située à proxi immédiate de l'hôtel du Lac-Noir et atteint peu après le versant sud escarpé de la crête des rochers s'étendant dans la direction du Cer Elle longe ensuite ces rochers, qu'elle traverse en certains endroits, de courts tunnels, pour aboutir, par un dernier tunnel de 200 *m*, station souterraine de transbordement de la cabane de Whymper.

Enfin, l'ascension du Cervin lui-même. Citons ici textuellemen message du Conseil fédéral :

« La longueur horizontale sera de 1 780 *m;* la différence de niv 1 345 *m;* la longueur mesurée sur l'inclinaison, 2 230 *m*, et la ra moyenne, de 75,5 0/0. Cette section sera construite comme funicul de 0,88 *m* d'écartement entre rails, avec moteur et transbordement milieu de la longueur du câble. Des mesures spéciales seront prises cernant la sécurité de l'exploitation, telles que augmentation de l'éla cité du câble par l'emploi de plusieurs câbles, freins nouveaux, ap reils régulateurs de vitesse, escaliers le long de toute la ligne et ni à des intervalles rapprochés. Le tracé suit dans un chemin légèrem en courbe dans le bas, en plan vertical, l'arête nord-est du mont Cer en se rapprochant le plus possible de la surface supérieure, autant les conditions de construction et la température le permettent.

» La ligne atteint la région du point le plus élevé (4 505 *m*) de l'arête du sommet qui s'étend presque horizontalement de l'est à l'ouest, à 20 *m* environ au-dessous de la pointe. Des galeries y seront placées le long de l'arête du sommet, et des locaux sont prévus pour un buffet, pour le personnel de l'exploitation, les guides et quelques cabines. »

Les devis se montent à 7 millions. On fait espérer un revenu de 6 0/0.

Le projet de concession soumis à l'Assemblée fédérale contient la disposition suivante, empruntée à la concession du chemin de fer de la Jungfrau :

« Le Conseil fédéral ne donnera son approbation pour le chemin de fer du mont Cervin que lorsqu'il aura été démontré par des expériences que la construction et l'exploitation de la ligne n'impliquent pas de dangers exceptionnels pour la vie et la santé humaines. »

Équilibre des machines verticales. — M. Boulvin a développé devant l'Association des Ingénieurs sortis des Ecoles spéciales de Gand des considérations sur l'équilibre des machines verticales.

Une machine en mouvement est soumise à diverses forces lorsque son arbre doit vaincre un moment résistant. Ces forces comprennent en premier lieu celles qui naissent dans les liaisons de la machine avec sa fondation, par suite du couple résistant vaincu, forces qui sont assez faibles, même dans le cas où, comme pour les machines verticales, l'assiette du moteur n'est pas fort étendue.

En second lieu, il y a à considérer les efforts intérieurs provenant de la pression de la vapeur sur les pistons ; ces efforts sont toujours, dans les machines modernes, contenus dans les bâtis et ne mettent pas en jeu les liaisons de la machine avec sa fondation ; ils n'ont donc pas d'influence sur la stabilité de la machine.

Enfin, toutes les parties mobiles non animées d'un mouvement uniforme donnent lieu à des forces d'inertie qui tendent à déplacer la machine sur sa fondation, à moins qu'on ne puisse neutraliser leurs effets, soit par un agencement convenable des pièces dont l'inertie intervient, soit par l'adjonction de masses ou contrepoids dont l'effet est assez complexe à analyser.

La vitesse de rotation des machines s'élève continuellement et les forces d'inertie, négligeables autrefois, produisent des effets dont il faut aujourd'hui se préoccuper.

L'auteur s'est proposé de montrer, au moyen d'épures suffisamment exactes, la répartition complète des forces dans une machine existante ; il a pris pour exemple un moteur vertical de 500 *chx*, construit par la Société du Phénix pour la fabrique de ciment de Niel-on-Rupell. Ce moteur est du système compound avec manivelles à angle droit et tourne à 88 tours par minute ; il est muni de contrepoids de manivelles.

Les épures ont été tracées, non en partant de diagrammes moteurs hypothétiques, mais au moyen de courbes d'indicateur relevées simultanément sur les deux faces de chaque piston et accusant une puissance indiquée collective de 435 *chx*.

Pour chaque cylindre, la ligne d'admission sur une face a été combi-

née avec la ligne d'échappement sur l'autre face ; on a ainsi obtenu l diagrammes des efforts de la vapeur. Pour tenir compte de l'inertie faut remarquer que les masses excentriques et les contrepoids des arb soumis à la force centrifuge n'influencent pas le moment moteur, si n'est par leur poids qui produit un certain équilibrage statique.

Les pièces qui interviennent par leur inertie pour modifier le cou transmis, le piston, la tige, la crosse, la bielle et l'attirail de la pom à air (le mouvement de distribution a été négligé comme étant trop p important).

On obtient par le calcul pour chaque angle de manivelle les for d'inertie dues à ces pièces. On tient compte des moments dus à l poids, ainsi que de ceux dus au poids des masses excentriques de l'arl et on arrive à tracer le diagramme exact des moments moteurs sur l'arb

Ce diagramme a été construit dans deux hypothèses : 1° pour la m chine fonctionnant conformément à la réalité et 2° pour une machi identique, mais non munie de contrepoids de manivelles ; dans les de cas, l'effort transmis au piston de la pompe à air a été pris en consid ration. Les diagrammes relatifs à chaque cylindre ont été combinés tenant compte du sens de calage des manivelles. Voici les principa résultats relevés sur l'épure :

	Machine avec contrepoids	Machin sans contrepo
Moment maximum.	5 700 *kgm*	6 100 *k*
Moment minimum.	1 720	1 550
Rapport des moments	0,305	0,255
Excès maximum du travail moteur sur le travail résistant ou *vice versa* dans un tour.	2 200 *kgm*	2 850 *k*
Coefficient de régularité	69	53

Au point de vue du couple moteur, de la fatigue des arbres par t sion et de la régularité, les contrepoids de manivelles améliorent do le fonctionnement d'une manière très sensible.

L'auteur a recherché ensuite la loi suivant laquelle se développent pressions entre l'arbre et ses coussinets pour tous les angles de rotati en joignant aux forces déjà considérées celles qui proviennent de la tation des masses excentriques de l'arbre et des contrepoids ; cette étu a été faite aussi pour une machine dans laquelle les contrepoids serai supprimés ; il est arrivé aux conclusions suivantes :

Pour le cylindre à haute pression de la machine considérée, les effo de l'arbre sur ses coussinets sont augmentés par l'effet des contrepo dans le premier et le troisième quart de tour (en comptant à partir point mort supérieur) ; ils sont diminués dans le deuxième et le q trième quart de tour. Comme l'effort maximum présente seul de l'in rêt au point de vue de la fatigue, on peut dire que l'action des contrepo augmente de 20 0/0 la fatigue de l'arbre par flexion.

Pour le cylindre à basse pression, par suite du diagramme de vap différent, l'effet produit est inverse ; les pressions maxima de l'arbre s ses coussinets sont diminuées.

Les contrepoids agissent aussi sur l'inclinaison de la pression exer par l'arbre sur ses coussinets ; ils ramènent cette pression très près de

ligne verticale pour le demi-tour inférieur et l'en écartent jusque vers 45° dans le demi-tour supérieur pour la position la plus défavorable.

L'effet des contrepoids sur la stabilité de la machine par rapport à sa fondation n'a pas été examiné ; on peut prévoir qu'il est favorable, car il a pour effet de réduire l'orbite du centre de gravité général des masses mouvantes ; ce dernier effet est le seul que l'on recherche dans les machines locomotives ou dans les machines horizontales rapides dont on veut soustraire les bâtis à des actions horizontales.

En résumé, l'action des contrepoids échappe à toute loi générale ; dans les machines verticales ils améliorent le couple moteur ; ils agissent parfois en diminuant, parfois en augmentant les pressions sur les paliers suivant le diagramme réalisé dans le cylindre ; enfin ils améliorent la tenue de la machine sur sa fondation. Leur effet le plus utile est de régulariser le couple moteur.

Il s'agit toujours ci-dessus des contrepoids placés directement à l'opposé des coudes ; ceux que l'on ajoute quelquefois à la jante des volants, tout en régularisant le couple, n'améliorent pas la tenue de la machine proprement dite sur sa fondation et peuvent amener des effets perturbateurs s'exerçant dans un plan passant par l'axe de l'arbre, effet qui, dans les machines à rotation rapide, seraient particulièrement nuisibles.

L'influence des contrepoids, bien que favorable au fonctionnement des machines, a peut-être été exagérée, si ce n'est pour les locomotives à cylindres extérieurs où ils sont nécessaires.

Concours pour un projet de station centrale de force motrice. — La Société industrielle de Mulhouse a constitué un prix pour un projet de station centrale de force motrice. Le programme est ainsi conçu :

Les progrès réalisés dans ces derniers temps par les moyens de transport de la puissance ont ouvert le champ à des projets multiples qui se manifestent surtout pour l'utilisation à distance des chutes. Toutefois, tant au point de vue de l'économie que des facilités résultant de la centralisation, il ne semble pas que ce soit uniquement pour les chutes d'eau qu'il pourrait y avoir avantage. Les moteurs à vapeur, particulièrement par l'application de l'expansion multiple, ont reçu des perfectionnements tels que la consommation de vapeur par cheval et par heure s'est abaissée de 5 à 6 *kg* dans la pratique pour les grands moteurs. Or, dans un ensemble industriel comme celui de Mulhouse, on peut admettre 10 *kg* pour la consommation moyenne de l'ensemble des moteurs existants.

Les résultats obtenus jusqu'à présent dans les expériences faites pour le transport à distance sembleraient rendre possible une économie résultant de l'installation d'un moteur central à vapeur.

La Société industrielle, désireuse d'encourager les recherches qui seraient faites dans la voie de la centralisation des moteurs en général, soit hydrauliques, soit à vapeur, offre une médaille d'honneur et une somme de 2 500 *f* au meilleur mémoire comparatif présenté sur cette question et visant spécialement la région industrielle de la Haute-Alsace. Ce mémoire devra être accompagné d'un projet aussi complet que pos-

sible ; il devra entrer dans les détails de la construction des moteurs de la distribution de la puissance ; établir les dépenses probables av toute l'exactitude possible et donner le prix de revient *comparatif* cheval-vapeur rendu à l'usine par le nouveau mode de distribution par les moteurs employés jusqu'à ce jour. Il devra s'appuyer sur d données d'installation déjà réalisées, existant ou ayant existé. Le proj pourrait ne viser qu'une fraction du centre industriel envisagé, avec minimum de 5 000 *chx*.

N. B. — A titre de renseignement, on estime actuellement à 20 000 c la puissance totale des machines à vapeur existant dans Mulhouse et a environs immédiats.

Les établissements Krupp à Essen. — D'après les *Anna de Glaser*, les établissements Krupp, à Essen, contiennent 2 542 fou ou fourneaux de diverse nature, 439 chaudières à vapeur, 82 marteau pilons de 100 à 50 000 *kg*, 21 trains de laminoirs, 450 machines de 1 000 *chx* et 1 622 machines-outils ou appareils mécaniques divers.

Les différents ateliers sont reliés par 44 *km* de chemins de fer à vo normale desservis par 14 locomotives et 542 wagons et 29 *km* de lign à voie étroite avec 14 locomotives et 450 wagons. On compte 80 *km* lignes télégraphiques et 140 de lignes téléphoniques.

Les usines brûlent par jour 1 700 *t* de houille et coke et consomme 22 700 m^3 d'eau et 26 000 m^3 de gaz d'éclairage.

L'ensemble des établissements a la plus grande analogie avec une i portante ville manufacturière desservie par un chemin de fer de ceintu et plusieurs lignes tranversales. La population se compose d'une vin taine de mille ouvriers constamment occupés.

Transmission électrique de force. — Le *Zeitschrift des reines Deutscher Ingenieure* donne les détails suivants sur une transmi sion électrique de force établie entre Herrenwiesen et Bulach, en Suiss L'installation comprend une usine hydraulique placée sur la Glatt, cou d'eau tributaire du Rhin, usine qui est le point de départ d'une tran mission basée sur les mêmes principes que celle de Lauffen à Francfo

On a pratiqué latéralement à la Glatt trois canaux de dérivation : premier, partant de la rive gauche, a 215 *m* de longueur et donne u chute de 11 *m* permettant d'obtenir sur les turbines un travail de 380 à 400 *chx*.

Ce travail est converti en un courant à haute tension qui est condu aux ateliers d'Œrlikon à 14,5 *km* de distance par un fil de cuivre 4 *mm* de diamètre. A l'usine le courant est ramené à basse tension transformé de nouveau en travail mécanique.

Le second canal est sur la même rive, mais plus en aval, il a 66 *m* longueur et 11 *m* de chute, comme le premier, cette chute n'est pas e core utilisée actuellement.

Le troisième canal est sur la rive droite de la Glatt ; il aboutit à u bâtiment contenant une turbine et situé près de la station de Glattfalde du chemin de fer de Winterthur-Bulach-Coblentz. Le travail de 70 *ch*

sur la turbine est transformé en courant qui, par un fil de cuivre de 7 1/2 *mm* de diamètre, va à Bulach, ville principale du district et est distribué sous forme de travail à une verrerie, une scierie et un moulin à farine; une partie arrive en outre à une station centrale qui alimente 250 lampes.

Cette station est, de plus, munie d'accumulateurs.

Le matériel de l'installation a été fourni par la Société d'Œrlikon ; les moteurs sont de petites turbines à haute chute fonctionnant à 900 tours par minute. Le travail total, une fois toutes les installations terminées, s'élèvera à 700 *chx*. L'eau des chutes est aussi utilisée pour l'irrigation.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONA

JANVIER 1892

Liste des membres titulaires, des membres honoraires et membres correspondants pour l'année 1892.

État financier. — Rapports sur les comptes de l'exercice 1890.

Nécrologie. — Notice sur A. HARDY, par M. G. HEUZÉ.

Industrie. — La paix des ateliers, par M. A. GIBON.

Ce travail est inséré dans le *Bulletin* de Juin 1891 de la Société Ingénieurs civils.

Brevets et marques de fabrique en Allemagne. — C la traduction, reproduite d'après le *Bulletin de la Société industriell Mulhouse*, des lois du 7 avril et 1er juillet 1891 qui ont modifié et c plété la législation allemande sur les brevets d'invention et marque fabrique.

Progrès dans la fabrication de l'acier en Autriche-Hong (Extrait du *Génie civil.*)

Il s'agit du développement considérable de la fabrication de l'acier sole qui s'est produit depuis plusieurs années et sous l'influence de verses causes. Ce développement est mis en lumière par des table publiés par M. Kupelwieser, professeur de métallurgie à l'École Mines de Leoben. On conclut d'après ces documents que le procédé a reste à peu près stationnaire dans la cornue comme dans le four de cinq ans ; le progrès de la cornue basique est sensible : 138 000 *t* en contre 105 000 en 1886, mais le progrès du four basique est énor 178 000 *t* en 1890 contre 14 000 en 1886. Ce fait est d'autant plus rem quable que le four basique est destiné surtout à utiliser des mati phosphoreuses et que l'Autriche-Hongrie occupe le premier rang Europe pour l'abondance des minerais riches et purs à la fois.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DU SUD-EST

Séance du 5 avril 1890.

Explosifs de sûreté de l'État. — D'une enquête faite dans diverses exploitations du Gard, pour connaître les résultats obte

avec les nouveaux explosifs de sûreté, dits *poudres de l'État* (coton octonitrique et azotate d'ammoniaque), il paraît résulter qu'il se produit assez souvent des ratés et des inconvénients de diverse nature. Ces défauts sont d'autant plus graves qu'un arrêté préfectoral impose aux exploitants l'emploi de ces explosifs dont la température de détonation ne dépasse pas 1 900° pour le travail de percement des roches et 1 500° pour les travaux en couche, mais dont la force est réduite en proportion. De plus l'arrêté préfectoral dont il est question applique les mesures prohibitives à toutes les mines sans distinction. Il n'est pas basé sur un danger constaté, comme cela a lieu d'ordinaire, mais il a un caractère théorique absolument préventif, et il est à craindre que son application soit plus nuisible qu'utile dans certaines mines à cause des dangers d'autres espèces que cette application peut engendrer.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 9 janvier 1892.

Communication de M. Leseure sur les **machines d'épuisement.** L'objet de cette communication est de mettre en lumière certaines particularités de la marche des machines de Cornouailles employées à l'épuisement des mines et d'indiquer les études préliminaires à faire d'accord avec le constructeur avant de pouvoir arrêter les dimensions rationnelles du moteur.

L'auteur expose le calcul des diverses parties de la machine, pistons, maîtresses tiges, bielle et balancier, équation du travail. Il étudie ensuite le régénérateur Bockholtz, qui consiste, comme on sait, dans un troisième bras fixé d'équerre au contre-balancier et portant un contrepoids. Il déclare préférer à ce dispositif le système de Seraing caractérisé par deux bielles descendant de la traverse du piston à vapeur et actionnant des boutons de manivelles fixés sur deux volants calés sur un arbre tournant. Ce système est appliqué depuis longtemps aux machines soufflantes et l'a été plus récemment aux appareils d'épuisement.

Fours Siemens, nouvelle disposition. — C'est une réponse de M. de Bonneville avec observations présentées dans une précédente séance par M. Lencauchez.

Notes sur les **Courants triphasiques et les machines à champ tournant,** construites par la Société d'Œrlikon, système Dobrowolski.

M. de Bonneville ajoute quelques explications à celles qui ont été données dans la précédente séance par M. Martin sur les courants multiphasiques et les transports de force à grande distance.

Pour l'installation économique de ces transmissions, on doit employer de très hautes tensions, 20 000, 30 000 volts et quelquefois plus. Par

contre, pour la distribution de force à domicile, ces hautes tensions p
senteraient des dangers permanents et il faut réduire les tensions
moyen de transformateurs.

L'auteur décrit la machine de Dobrowolski, construite par la Soc
d'Œrlikon, dans laquelle les enroulements sont reliés entre eux d
chaque machine et d'une machine à l'autre, de manière que les bob
de la génératrice envoient simultanément dans plusieurs des fils
relient les deux machines des courants de phases différentes et que
courants de chacun de ces fils soient distribués à plusieurs des enro
ments de la réceptrice. Il résulte de cette disposition que l'énergie to
de tous les courants transmis au moteur reste sensiblement invaria
On obtient ainsi un effort de rotation beaucoup plus constant. La n
se termine par quelques considérations sur le calcul de la section
fils conducteurs avec l'emploi des courants triphasiques.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de décembre 1891.

Des transformations moléculaires dans le fer, par M. Moreillon.

Cette communication est relative à une série d'essais exécutés
l'auteur pour apprécier les transformations moléculaires du fer. O
étudié les effets dus au chauffage, à l'écrouissage par martelage et plia
à l'écrouissage par étirage, l'influence des recuits, les modifications
léculaires à une température inférieure au rouge et l'influence de la c
position chimique sur la texture. L'auteur conclut de cet examen q
dans les limites de charge et de température où sont placées toutes
constructions et avec les coefficients de sécurité admis, il ne sem
guère possible de pouvoir incriminer les transformations moléculai
de la matière en cas de rupture d'un ouvrage quelconque.

Note sur la **puissance absorbée par un self-acting** à di
rentes vitesses, par M. R. Bourgart.

Pour des vitesses de sortie et de rentrée du chariot variant de 22
550 *mm* et de vitesses de broches de 3 050 à 7 757 par minute, le trav
varie de 2,23 à 4,93 *ch.* On n'est pas loin de la vérité en admettan
proportionnalité de la puissance aux vitesses théoriques.

Note sur le **choix et la main-d'œuvre des tôles** de fer fo
Martin (dit aussi fer homogène, fer doux, Flusseisen), pour chaudi
à vapeur et appareils du même genre. Communiquée à l'Associat
alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur par l'inspecteur en c
des générateurs des mines Fr. Krupp, à Essen.

Cette note est insérée au *Bulletin* en raison de l'importance de p
en plus grande que prend l'acier doux dans la fabrication des tô

pour chaudières. Elle indique le choix à faire des qualités de tôles suivant les parties des générateurs et les précautions à prendre pour le travail, perçage, découpures et entailles, relevage et emboutissage, soudure, pliage, cintrage et rivure. Pour cette dernière on recommande que toutes les rivures se fassent au moyen de rivets en fer forgé à cassure grise et nerveuse, de 38 *kg* de résistance et 20 0/0 d'allongement.

Sur quelques nouveaux procédés de **protection des récoltes**, par M. G. Dollfus.

Il s'agit de divers procédés pour la destruction des insectes parasites et d'un appareil destiné à produire un nuage artificiel pour protéger la vigne contre les gelées blanches du printemps.

Le principe de cet appareil consiste dans l'emploi d'un thermomètre dont la baisse à zéro amène un contact électrique qui met, par divers intermédiaires, le feu à une mèche laquelle allume un premier foyer ; de là, des fusées courant sur des fils de fer allument d'autres foyers situés à distance les uns des autres, de sorte qu'en un temps très court et sans le secours de personne, une série de foyers se trouvent embrasés et, par la combustion de matières goudronneuses, produisent une fumée épaisse formant nuage artificiel.

Note sur le **commencement d'incendie**, qui a eu lieu dans la salle de la Bourse, le 20 octobre 1891, par M. J. Glassmann.

Ce commencement d'incendie est dû au voisinage d'un tuyau de gaz en plomb et de fils électriques. Le tuyau a été fondu et perforé par le passage du courant provenant de l'éclairage électrique. L'humidité accidentelle du plafond en cet endroit a mouillé les fils, puis établi un court circuit en provoquant la destruction de l'enveloppe ; de là la fusion du tuyau et l'inflammation du gaz encore contenu dans la canalisation malgré la fermeture du compteur.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 6. — 6 *février* 1892.

Les machines à vapeur à l'Exposition internationale d'électricité de Francfort-sur-le-Mein, par R. Stribeck *(suite)*.

Métallurgie. — Laminoir triple pour le laminage des lingots d'acier brut, par R.-M. Dælen.

Tour Morrisson de l'Exposition de Chicago, par G. Barkhausen.

Transmission uniforme du mouvement par les engrenages, par Kirsch.

Installation de turbines pour l'éclairage électrique du château de Heiligenberg.

Drague à succion et refoulement pour la correction du Bas-Weser.

Groupe de Wurtemberg. — Passerelle sur le Neckar. — Fabrique de machines d'Esslingen. — Distribution par soupapes accompagnées, sys-

tème Widmann. — Chute du pont de Mönchenstein. — Station prima de la transmission électrique de force de Lauffen à Francfort. — Ré lateur de turbines.

Variétés. — Réforme scolaire.

N° 7. — 13 *février* 1892.

Machine d'extraction du puits de Thiederhall.

Emploi du métal fondu dans les constructions, par A. Martens.

Les chemins de fer électriques, par R. Ruhlmann *(suite)*.

Régulateurs de machines marines, par Ballaup.

Groupe de Cologne. — Projet de loi sur les installations électriqu — Écoles techniques moyennes de la ville de Cologne.

Groupe de Westphalie. — Diffusion par appareils centrifuges.

Chemins de fer. — Nouveaux chemins de fer de montagne.

Bibliographie. — Éléments de machines, par C. Bach.

Variétés. — Les chemins de fer allemands dans l'exercice 1890-91. Emploi des briquettes dans les hauts fourneaux. — Nouvel éclair *Comète.* — École industrielle de Hagen. — Prix offerts par l'Associat pour le développement de l'industrie.

N° 8. — 20 *février* 1892.

Chute du pont de Mönchenstein, par Hartmann.

Emploi du métal fondu dans les constructions, par A. Martens *(sui*

Les chemins de fer électriques, par R. Ruhlmann *(suite)*.

Nouvelles recherches sur la chaleur de combustion du charbon.

Assemblée générale de l'Association des maîtres de forges allema à Dusseldorf, le 31 janvier 1892.

Variétés. — Transport électrique de force à Vallorbes. — Tann par l'électricité. — Procédé pour la fabrication de feuilles minces fonte dure.

Correspondance. — Installations de refroidissement d'eau de conden tion pour machines à vapeur.

N° 9. — 27 *février* 1892.

Une théorie dynamique de la machine à vapeur, par W. Hartma *(suite)*.

Emploi du métal fondu dans les constructions, par A. Martens *(f*

Les machines à vapeur à l'Exposition internationale d'électricité Francfort-sur-le-Mein, par R. Stribeck *(fin)*.

Chute du pont de Mönchenstein, par Hartmann *(suite)*.

Variétés. — Recherches comparatives sur les ciments de Portland, pouzzolane et le ciment romain. — Installations électriques de Brê — Installations électriques de Bockenheim.

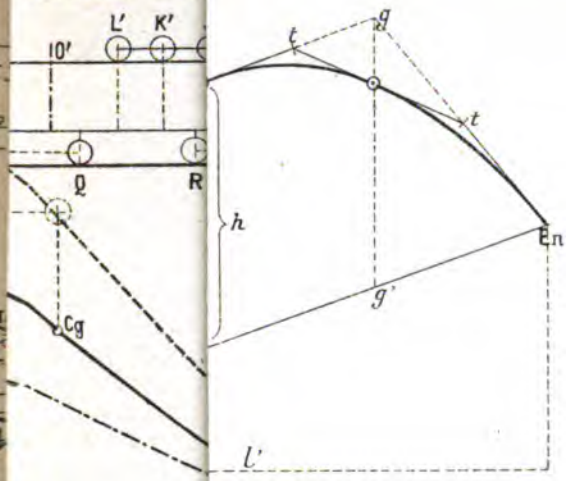
Pour la Chronique et les Comptes rendus

A. MALLET.

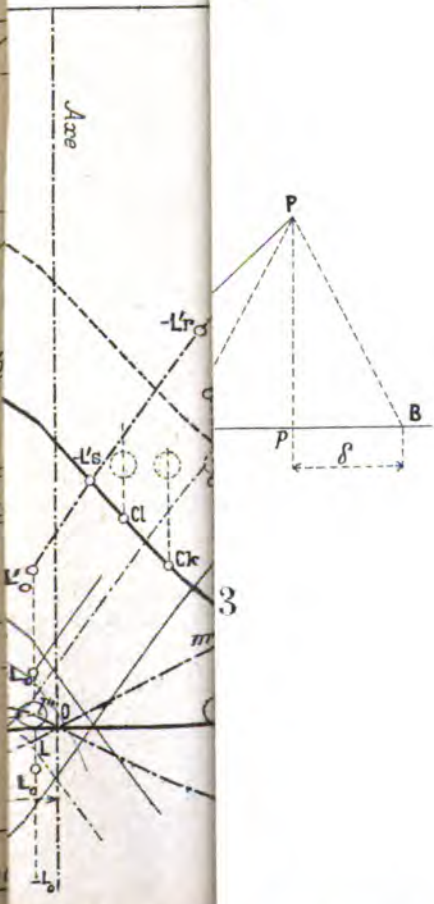
PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 5842-2-92.

DU TR ÉPREUVE DU

MAXIMA TRANCHANTS MAXIM



2



, 43, rue de Dunkerque, Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MARS 1892

N° 3

Sommaire des séances du mois de mars 1892 :

1° *Décorations, Nominations.* (Séance du 18 mars), page 260.

2° *Décès* de MM. Ed. Demanest, L. Laurent, H. Pétin, L. Arbel et F. Michau. (Séances des 4 et 18 mars), pages 250 et 260.

3° *Artillerie française* (Ouvrage de M. Dredge sur l'). (Séance du 18 mars), page 260

4° *Chemin de fer transversal de pénétration et de jonction dans Paris* (Projet de), par MM. Ch.-A. Bourdon et L. Chapron. Observations par MM. J. Fleury, L. Boudenoot, Haag et Charton. (Séance du 4 mars), page 254.

5° *Chemins de fer à voie étroite* (Première partie de la discussion sur les), par MM. A.-G., Coste, Ed. Roy, Aug. Moreau. (Séance du 18 mars), page 263.

6° *Congrès des Sociétés savantes* (Lettre de M. le Ministre de l'Instruction publique, au sujet du). (Séance du 4 mars), page 252.

7° *Congrès des Ingénieurs et Architectes italiens à Palerme* (Date de l'ouverture du). (Séance du 18 mars), page 261.

8° *Éclairage électrique des gares*, par M. G. Dumont.

9° *Excursion faite par les membres de la Société en Hollande* (Compte rendu et notes techniques de l'), par M. E. Lippmann, *suite et fin.* Observations par M. E. Cacheux. (Séance du 4 mars), page 253.

10° ***Modifications aux Statuts*** (Proposition de) et nomination d'une commission d'examen. (Séance du 18 mars), page 261.

11° ***Vapeur surchauffée et le surchauffeur L. Uhler*** (La), par M. G. Thareau. (Séance du 18 mars), page 263.

12° ***Wolfram*** (Extrait d'une lettre de M. A. Souchet sur la séparation mécanique, dans le minerai, du quartz et du). (Séance du 4 mars), page 252.

Pendant le mois de mars, la Société a reçu :

32676 et 32677 — De M. A. de Dax (M. de la S.). ***Formules, tables et renseignements usuels. Aide-mémoire des Ingénieurs, des architectes, etc. Partie pratique***, par J. Claudel (2 vol. in-8° de 1.856 p. et 3 pl.). Paris, Dunod, 1877, 9e édition.

32678 — De M. L. Baclé (M. de la S.). ***Les Plaques de blindage en métal mixte et en acier, à propos d'essais récents pratiqués en Angleterre et en Amérique*** (In-8° de 36 p.). Paris, *Génie civil*, 1892.

32679 — Du même. ***Les Chemins de fer et les lignes à fortes rampes*** (In-8° de 17 p.). Paris, Association française pour l'avancement des sciences, 1890.

32680 — De M. G. Genevrière. ***Note sur la comparaison du prix de revient de l'entretien des chemins vicinaux par les Ingénieurs des Ponts et Chaussées et par les Agents voyers*** (In-8° de 17 p.). Paris, P. Dupont, 1891.

32681 — De M. Al. V. Passelecq (M. de la S.). ***Rapport sur une propriété du Kentucky (États-Unis d'Amérique)*** (In-4° de 28 p.). Bruxelles, Weissenbruch, 1892.

32682 — De M. L. Francq (M. de la S.). ***Chemin de fer Métropolitain.*** Recueil des articles publiés dans le journal *le Métropolitain* à propos de la traction du Métropolitain parisien (Petit in-4° de 95 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1892.

32683 — De l'American Society of Mechanical Engineers. *Transactions*, vol. XII, 1891, New-York.

32684 et 32685 — De M. J. W. Powell. *Tenth annual Report of the United States Geological Survey to the Secretary of the interior 1888-89*. Washington, 1890.

32686 — De M. E. Trélat (M. de la S.). ***Théorie du chauffage des habitations*** (In-8° de 11 p.). Paris, G. Masson, 1892.

32687 et 32688 — De l'Engineering Association of New South Wales. *Minutes of Proceedings*. Vol. I, 1885-86; vol. V, 1889-90, Sydney.

32689 — De M. H. Thurston (M. de la S.). *Announcement of Courses of instruction of the Cornell University* (Petit in-8° de 12 p.). Ithaca, 1892.

32690 — De l'Académie de Toulouse. *Annuaire des Facultés*, 1891-1892. (In-12 de 113 p.). Toulouse, A. Chauvin et fils, 1891.

32691 — De la même. *Rapport annuel au Conseil des Facultés* (In-8° de 111 p.). Toulouse, A. Chauvin et fils, 1891.

32692 — De M. L. Malo (M. de la S.). *La grève et les chemins de fer* (In-8° de 32 p.). Lyon, Imprimerie du *Salut public*, 1892.

32693 — De M. J. E. Rigolage (M. de la S.). *Projet d'organisation des écoles pratiques d'enseignement secondaire* (In-12 de 79 p.). Paris, Ch. Delagrave, 1892.

32694 — De M. A. Gouilly (M. de la S.). *Air comprimé ou raréfié* (In-8° de 170 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1892.

32695 — De M. Alfred Baker. *Revenue Report of the Public Works Department Irrigation Branch Bengal for the year 1890-91.* Calcutta, 1892.

32696 — De M. Félix Hubin (M. de la S.). *Usines Félix Hubin à Harfleur* (Seine-Inférieure). Maisons ouvrières, asile et école, caisse de secours mutuels, participation aux bénéfices (Petit in-4° de 8 p. autog.). Paris, Becquet frères, 1889.

32697 — De M. E. L. Corthell (M. de la S.). *An enlarged water-way betwen the great Lakes and the Atlantic seaboard* (In-8° de 32 p. et 1 pl.). Montréal, John Lowell and Sons. 1891.

32698 et 32699 — De MM. R. Jefferds. *The frame wagons* (Une feuille in-4° et 1 pl.). London, 1892.

32700 — De la Société industrielle du Nord de la France. *Essai sur le commerce et son organisation en France et en Angleterre*, par M. G. François. (In-8° de 425 p.). Lille, L. Danel, 1892.

32701 — De M. Ch. Bourdon (M. de la S.). *Projet de chemin de fer transversal de pénétration et de jonction des lignes d'Orléans, de Lyon, de Vincennes, de l'Est et du Nord, avec gare centrale*, par MM. Ch. Bourdon et L. Chapron. Analyse par M. G. Richou (in-8° de 14 p. et 1 pl.). Paris, *Génie Civil*, 1891.

32702 — De M. L. Anspach. *Le rôle de l'eau dans les cylindres à vapeur* (in-8° de 83 p. et 2 pl.). Liège et Paris, C. Borrani, 1892.

32703 — De M. Félix Loisel (M. de la S.). *Annuaire spécial des chemins de fer belges.* Tome XV, année 1889-90. Bruxelles, Émile Bruyant, 1892.

32704 — De M. R.-H. Thurston (M. de la S.). *The final Improvement of Steam Engine* (in-8° de 32 p.). Ithaca, N. Y., 1892.

32705 — De M. L.-A. Groth. *Application de l'électricité au tannage* (in-8° de 68 p.). Liège, E. Hubert-Magis, 1891.

32706 — De M. G. Guerbigny (M. de la S.). *Des lignes métropolitaines dans Paris* (in-8° de 14 p.). Villiers-le-Bel, Minouflet.

32707 — De M. S. Périssé (M. de la S.). *Rapports du jury international sur l'Exposition universelle de 1889, Classe 59. Machines, instruments et procédés usités dans divers travaux* (grand in-8° de 66 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1891.

32708 — De MM. de Wendel et C^ie^. *Rapport sur les essais faits en vue reconnaître la qualité et les propriétés de résistance des produ des usines de MM. Wendel et C^ie^*, par L. Tetmajer (in-8° 192 p. et 15 pl.). Zurich, Lohbauer, 1892.

32709 — De M. Canet (M. de la S.). *Modern French Artillery, by Jam Dredge* (in-f° de 458 p.). London and New-York, 1892.

32710 — De M. J. de Coëne (M. de la S.). *Étude sur le raccordement des deux gares de Rouen, rive gauche de la Seine* (grand in-8° 24 p. et 2 pl.). Rouen, E. Deshays et C^ie^, 1892.

32711 — De M. Hersent (M. de la S.). *Pont sur la Manche, troisième moire justificatif* (in-4° de 47 p. et 1 pl.). Paris, Chaix, 18

32712 — De M. L. Leygue (M. de la S.). *Note sur les barrages et ré voirs à établir sur le Nil* (grand in-8° de 25 p.). Paris, Bau et C^ie^, 1891.

32713 — De M. René Bobet (M. de la S.). *Le caoutchouc, la gutta-per et leurs applications à l'Exposition universelle de 1889* (gra in-8° de 108 p.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1890.

MÉMOIRES ET MANUSCRITS

---

155 — De M. G. Thareau (M. de la S.). *La vapeur surchauffée et surchauffeur Uhler.*

2156 — De M. A. Casalonga (M. de la S.). *Étude de l'ensemble des loi règlements qui régissent actuellement la propriété industrielle Allemagne.*

2157 — De M. Bertrand de Fontviolant (M. de la S.). *Note sur les dé mations élastiques maximums des arcs métalliques.*

2159 — De M. de la Gressière (M. de la S.). *Note sur une traverse mé lique.*

2160 — De M. Gaudry (M. de la S.). *La navigation à grande vitesse.*

2161 — De M. Ed. Coignet (M. de la S.). *Analyse du travail de M. C gnola sur les bassins de retenue ou lacs artificiels.*

2162 — De M. J. Pillet (M. de la S.). *Épures des moments fléchissant des efforts tranchants développés dans un pont à une seule tra sous le passage du train-type de la circulaire ministérielle 29 août 1891.*

2163 — De M. Bertrand de Fontviolant (M. de la S.). *Sur la déter nation des efforts tranchants maximums produits dans un pon une travée par le passage du train-type défini par le règlem ministériel du 29 août 1891.*

2164 — De M. Marcel Delmas (M. de la S.). *Application commerciale de perspective à la statique graphique.*

2165 — De M. P. Vankowski (M. de la S.). *Note sur la résistance des terrains sablonneux aux charges verticales.*

Les membres nouvellement admis, pendant le mois de mars 1892, sont :

Comme membres sociétaires MM. :

A. Courtier,	présenté par MM.	Cerbelaud, Hauet, Picard.
F.-A. Gain,	—	Costey, Courtier, Douillet.
V. Gane,	—	Marié, Marsaux, Prudon.
C.-J.-L. Kéromnès,	—	Du Bousquet, E. Polonceau, Forest.
Ch.-E. Lemoine,	—	Bertrand de Fontviolant, M. Delaperrière, J. Durupt.
M.-P. Merveilleux du Vignaux,		Canet, Flachat, E. Polonceau.
G. Patto,	—	Bon, Level, Lévi-Alvarès.
Ch.-V.-E. Roussel,	—	Appert, Canet, Deharme.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1892

Séance du 4 mars 1892.

PRÉSIDENCE DE M. P. BUQUET, PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

A propos du procès-verbal de la dernière séance, M. Bertrand d Fontviolant dépose sur le bureau une note justifiant les assertions qu'i a présentées à la suite de la communication de M. Pillet. Pour ne pa abuser des moments de l'assemblée, M. Bertrand de Fontviolant s contente de demander l'examen de sa note et son insertion, s'il y a lie dans le Bulletin ; il ajoute d'ailleurs qu'il se tient à la disposition de Société pour répondre aux objections que pourrait soulever son travai

Après cette observation, le procès-verbal est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part du décès de plusieu membres de la Société. Il parle tout d'abord de M. Demanest.

Edmond Demanest était né en 1832. Ancien élève de l'École d Mines de Paris, il était entré à la Société des Ingénieurs civils en 186 il fut attaché au laboratoire de l'École des Mines de Paris sous l ordres du savant professeur Rivot; il occupa ensuite diverses positio et entra aux usines de Terre-Noire, où il prit une part active aux pr mières applications du procédé Bessemer; il y resta jusqu'en 186 époque où Callon le fit venir auprès de lui pour l'aider dans les travau qu'il avait à faire pour la Société Générale. Dans ces nouvelles fonction il fut chargé de diverses missions qui lui valurent la direction des min de soufre de Gratta-Calda.

En 1866, il fut nommé secrétaire de la Société des hauts fourneaux forges de Denain et Anzin, puis secrétaire général en 1878 et admini trateur en 1890.

En 1876, il avait été nommé secrétaire de la Société franco-belge d mines de Sommorostro ; en 1880, secrétaire général, et en 1884, admini trateur délégué de cette même Société dont, de fait, il avait la directi complète depuis l'origine : toute l'organisation technique, commercia et administrative de cette Société fait le plus grand honneur à Demanes

Il avait été nommé commandeur de l'ordre d'Isabelle-la-Catholique et commandeur de l'ordre de Charles III ; en 1887, il fut nommé chevalier de la Légion d'honneur.

Très modeste, Demanest ne cherchait pas à se faire valoir, mais c'était un esprit très net et très clair, travailleur infatigable et ne parlant que de ce dont il était sûr et qu'il connaissait bien. L'action qu'il a eue dans les diverses affaires qu'il a plus ou moins dirigées a été prépondérante et a prouvé sa valeur ; il fallait sa grande intelligence pour être arrivé sans protection, par son seul travail, aux hautes fonctions qu'il occupait lorsque la mort est venue l'enlever à sa femme, à ses enfants, à sa famille et à ses amis.

M. Lambert Laurent était membre de la Société depuis 1858 ; après avoir été agent voyer en chef de l'arrondissement de Mamers (Sarthe), il a été Ingénieur au bureau du contrôle des chemins de fer du Midi.

M. Hippolyte Pétin, l'un des fondateurs de la Compagnie Pétin-Gaudet, universellement connue et qui a si largement contribué au progrès de l'industrie métallurgique.

Sorti de l'École des Arts et Métiers de Châlons en 1834, Pétin commença, comme beaucoup d'autres et des meilleurs, par les emplois les plus modestes : dessinateur dans un tissage, puis dans un atelier de construction.

Il fonda, à Rive-de-Gier, un modeste atelier de forges ; ensuite, à Verchèse, il employa au forgeage le premier marteau-pilon.

Travailleur infatigable, il sut forcer la fortune et, par étapes successives, arriva à créer la Société actuelle, dans laquelle il put laisser un libre cours à son esprit inventif.

Homme de cœur et patriote avant tout, il fut classé, sans conteste, au nombre des vrais fondateurs de la grande industrie en France.

Chacun de nous sait quelles ont été les œuvres de la Société Pétin-Gaudet.

Les services rendus par M. Pétin à l'industrie et à la défense nationale sont de ceux dont doit s'honorer notre Société, à laquelle il appartenait depuis 1857 ; ils lui valurent la croix de chevalier de la Légion d'honneur en 1852 et celle d'officier en 1855 ; soldat, à sa façon, il avait créé les plaques de blindage des navires pendant la guerre de Crimée.

M. Lucien Arbel, ancien maître de forges à Rive-de-Gier, ancien sénateur de la Loire.

Sorti de l'École des Arts et Métiers d'Aix, en 1846, Arbel fut d'abord dessinateur aux ateliers Cail, puis chauffeur et ensuite mécanicien au service de la Compagnie P.-L.-M.

Associé aux ateliers Déflassieux, à Rive-de-Gier, il ne tarda pas à devenir seul propriétaire de l'usine de fabrication de roues pour matériel de chemins de fer et d'artillerie à Couzon.

Nommé député en 1871, il fut sénateur dès 1875. Chevalier de la Légion d'honneur en 1876, après l'exposition de Vienne, il fut créé officier en 1885, après celle d'Anvers.

Ancien membre du Comité consultatif des chemins de fer, du Conseil

supérieur de l'enseignement technique, de la Commission d'inspect
des arsenaux; tous ces honneurs qui lui arrivaient ainsi étaient la c
séquence et la consécration des éminents services qu'il n'a cessé
rendre à l'industrie, la récompense d'une vie de labeur et de travail.
Arbel faisait partie de notre Société depuis 1876.

La Société a reçu différents ouvrages dont la nomenclature est à la
du procès-verbal.

M. LE PRÉSIDENT fait donner lecture d'un extrait d'une lettre de M
ministre de l'Instruction publique, au sujet du Congrès des Soci
savantes, et ainsi conçu :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» La Commission centrale du Comité des travaux historiques et sci
» tifiques s'est vivement préoccupée, durant ses dernières séances,
» la forme dans laquelle les communications de MM. les délégués
» Sociétés savantes devraient être faites au Congrès de la Sorbon
» S'en référant aux résultats des précédentes réunions, elle a été d'a
» qu'aucune lecture ne serait admise si les auteurs, au préalable, n
» vaient soumis leurs manuscrits au Comité.

» J'ai l'honneur de vous prier d'inviter ceux des membres de v
» Association qui doivent prendre part au prochain Congrès des Soci
» savantes à la Sorbonne à adresser le manuscrit complet de leurs co
» munications au ministère de l'Instruction publique (Direction du
» crétariat, 1er bureau), avant le 1er avril prochain, date extrême.

» Recevez, Monsieur le Président, etc. »

M. LE PRÉSIDENT fait donner lecture d'une lettre par laquelle M. H. Va
communique quelques extraits d'une lettre de M. Ambroise Souc
membre de la Société, actuellement en Portugal :

« *Salvaterra do Extremo Beira-Baixa (Portugal)*
» *le 9 janvier 1892.*

» On recherche beaucoup aujourd'hui le minerai de Wolfram,
» ployé à la fabrication de l'acier, principalement pour les nouve
» canons à tir rapide; l'acier au tungstène est, en effet, sous un fa
» poids, d'une résistance considérable. J'ai cru qu'il serait peut-
» intéressant pour la Société de connaître un procédé de séparation
» Wolfram de sa gangue quartzeuse, toujours très abondante (9
» 95 0/0).

» Dans le cours de travaux de recherches sur des filons dont je n
» tais rendu acquéreur dans la province de Castello-Branco (Portug
» j'ai été conduit à rechercher un moyen de nettoyage du Wolfram.

» J'ai employé, comme c'est la coutume pour tous les minerais si
» laires, les moyens mécaniques : broyage, lavage, etc. Les résul
» étaient peu satisfaisants; le Wolfram, très adhérent au quartz,
» réduisait en poudre sous le choc, et le minerai, après triage, res
» impur, pulvérulent, d'une vente difficile.

» J'ai eu alors l'idée d'*étonner* le minerai; j'ai fait mes expérien

» dans un petit four à deux soles superposées; le chargement se fait » sur la sole où le minerai subit le retour de flamme; puis l'étendage a » lieu sur la sole basse, où le minerai reçoit la flamme directe; de là, » il tombe dans un courant d'eau froide et est entraîné dans les laveurs » à tic-tac.

» Comme on peut le constater sur l'échantillon, le résultat obtenu » est très satisfaisant et me paraît résoudre la difficulté qui a jusqu'ici » causé tant d'embarras dans les mines de Wolfram, où l'on emploie le » triage mécanique.

» *Signé :* Ambroise Souchet. »

M. H. Vallot ajoute qu'il tient à la disposition de ceux que la question intéresse l'échantillon de minerai brut et trié annoncé dans la lettre.

M. le Président annonce une modification à l'ordre du jour de la prochaine séance; après la communication de M. Ed. Coignet sur le canal de Corinthe aura lieu, le 18 mars, la communication de M. Thareau sur la vapeur surchauffée et le surchauffeur Uhler. La discussion sur les chemins de fer à voie étroite aura lieu dans la même séance.

M. Lippmann a la parole pour continuer et achever l'*Exposé du voyage en Hollande.* Il décrit l'emploi de la dernière journée et rend un chaleureux hommage à l'accueil plein de cordialité fait aux membres de la Société par tous les Ingénieurs hollandais. Il résume, en finissant, le sentiment d'admiration que tous nos collègues ont ressenti pour ce peuple hardi et persévérant, qui combat et refoule depuis des siècles les flots envahissants de la mer, et qui, sur un sol mouvant, n'a pas hésité à élever et a assuré la stabilité de remarquables ouvrages d'art.

M. le Président remercie M. Lippmann pour le très instructif et intéressant voyage que, dans quatre séances successives, il vient de faire faire aux membres de la Société; il le félicite d'avoir montré une fois de plus, par la forme élégante qu'il a su donner à son exposé, que les Ingénieurs savent mener de pair les études littéraires et les travaux scientifiques.

Quant au fond du travail, M. le Président constate qu'il y aurait beaucoup à en retenir, bien des sujets à faire ressortir et à développer. Il regrette que le temps si limité dont dispose la Société ne lui permette pas de s'arrêter plus longtemps, aujourd'hui du moins, sur ces remarquables travaux publics. Il constate avec admiration la science et l'énergie dont les Ingénieurs néerlandais font preuve chaque jour dans leur lutte contre la mer et contre ses envahissements, et leur talent pratique à asservir les eaux pour en faire des agents puissants d'action.

M. le Président a été très frappé, en écoutant M. Lippmann, de l'esprit de suite, de l'esprit commercial, dans son sens le plus élevé, qui domine et inspire tous les grands travaux en Hollande. Les Ingénieurs, dans ce pays, ne semblent pas chercher, avant tout, à faire grand et beau, mais à travailler à ce qui sera utile et profitable à la grandeur et à la prospérité de leur pays; il faut, avant tout, que *cela rapporte.* C'est bien là le caractère de l'Ingénieur civil.

L'exemple de Rotterdam l'a surtout frappé. N'est-il pas remarquable de voir une municipalité se transformer en une véritable association

d'encouragement et d'émulation pour le commerce national ? En mê
temps qu'elle décidait la création d'un grand port, elle se préoccupait
assurer un fret de retour aux navires dont on allait faciliter l'entré
le déchargement : ce sont bien là de vrais administrateurs, ces hom
qui ont su non seulement ébaucher de vastes combinaisons, mais t
prévoir jusque dans ses moindres détails.

En ce qui concerne plus spécialement le génie civil, M. le Présid
remarque l'unité de conception, d'impulsion et de direction qui a p
mis de conduire à bien, rapidement et économiquement, les plus gra
travaux publics ; il rappelle l'exemple donné par le port de Rotterd
qui sera le premier où les engins mécaniques seront mus par l'électri
Il relève encore un fait dans les renseignements si nombreux et si ut
réunis par M. Lippmann ; c'est un fait grave pour un pays comm
nôtre où la raffinerie du pétrole a pris depuis quelques années un
développement : par suite des améliorations introduites dans certa
ports étrangers, à Rotterdam en particulier, on pourrait prévoir le
ment où les pétroles bruts d'Amérique cesseraient d'entrer en Eur
par nos ports français. Il y a là un avertissement dont il y a lieu
tenir compte pour prévoir et combattre le danger.

En finissant, M. le Président, au nom de tous les membres de la
ciété, adresse encore une fois les félicitations les plus vives et les re
ciements les plus chaleureux aux Ingénieurs néerlandais pour les be
travaux qu'ils ont su exécuter et la bonne grâce charmante avec laqu
ils en ont fait les honneurs à nos trop rares collègues qui ont pu p
ciper à cette excursion ; il réitère les remerciements de la Socié
M. Lippmann pour son bel et méthodique exposé. *(Applaudissements*

M. Cacheux désire, avant qu'on ne quitte la Hollande, insister en
sur un point, c'est l'installation remarquable des habitations ouvriè
il rappelle que les progrès réalisés sont dus en grande partie à l'Inst
royal des Ingénieurs néerlandais.

Ce fut à la suite d'une enquête sur l'état des logements ouvriers,
fiée dès 1853 par le roi Guillaume à l'Institut royal des Ingénieurs n
landais, que se créa à Harlem la première Société pour la créatio
maisons ouvrières. Cette Société prit rapidement une grande importa
et elle a servi de type et de modèle à un grand nombre d'autres Soci
du même genre qui ont été créées, soit dans les villes, soit dans les c
pagnes. Il y a là un nouvel exemple de l'action si fertile de l'initia
privée, guidée et conseillée par une grande Association libre, l'Inst
des Ingénieurs néerlandais.

M. le Président remercie M. Cacheux d'avoir fait ressortir ce p
spécial.

Il donne la parole à M. Ch.-A. Bourdon pour sa communication su
Projet de chemin de fer transversal de pénétration et de jonction dans P

M. Ch.-A. Bourdon estime que le projet qu'il a étudié de concert
M. Chapron, sans être un projet de Métropolitain proprement dit,
rite cependant quelque attention. Il regrette que l'absence de son
tingué collaborateur, M. Chapron, dont la compétence spéciale pou

questions de travaux d'art est bien connue, ne lui permette pas de donner à sa communication toute l'ampleur désirable.

Un Métropolitain doit, d'après M. Bourdon, remplir trois conditions :

1° Faciliter la circulation dans la ville;

2° Servir de ligne de pénétration pour les trains venant de la banlieue et même de la province;

3° Réunir, enfin, les gares et faciliter le transit direct des trains à longs parcours.

Il semble impossible de satisfaire à ce triple but avec un seul réseau à double voie, et cela pour plusieurs raisons.

Tout d'abord — pour faciliter réellement la circulation intérieure — les trains doivent se succéder de trois en trois minutes, au moins à certaines heures; ils ne doivent stationner que quinze à vingt secondes. Ces conditions ne peuvent être remplies qu'à condition de n'avoir à se préoccuper ni de bagages, ni de colis à la main. Il faut aussi ne pas avoir à compter avec l'octroi.

Pour faire du Métropolitain une artère de pénétration des trains de grande ligne, il est donc indispensable d'avoir un réseau à quatre voies, dont deux soumises au contrôle de l'octroi et deux autres libres en raison du fait que les trains qui y circulent ne peuvent en aucun point recevoir directement des voyageurs entrant dans Paris. Or, tout le monde convient que, si la création d'un réseau aérien ou souterrain à deux voies est difficile, la création d'un réseau général à quatre voies est impossible.

MM. Bourdon et Chapron ont donc cherché un tracé limité qui permit d'établir deux, quatre et, sur une partie même du parcours, six voies parallèles; leur but est de laisser au Métropolitain, quel qu'il soit, son rôle strictement intra-urbain et de créer, sans toucher à ce réseau spécial, un autre réseau qui eût essentiellement pour but d'établir la pénétration des trains venant des gares d'Orléans, de Lyon et de Vincennes d'une part, et de celles du Nord et de l'Est d'autre part, ainsi que la jonction de ces diverses gares. Sur le parcours, ils ont projeté une grande gare ayant accès sur la place de la République et, par conséquent, remplissant bien la condition d'être centrale.

Le tronçon a une longueur d'environ 5 *km*; il relie les cinq grandes gares en question en empruntant tout le temps des voies ayant au moins 60 *m* de large.

Par une rampe de 0,019 *m* par mètre dont l'origine est au pont du boulevard de la Gare, la voie projetée s'élève au-dessus des rails de la Compagnie d'Orléans et court en viaduc dans l'axe de la gare de la place Walhubert, à 5,50 *m* au-dessus des rails; elle traverse de part en part les bâtiments de la direction, franchit la Seine par un pont en arc qui prend en écharpe le pont d'Austerlitz; s'appuyant sur des piles construites dans le prolongement des deux piles de rive de l'ancien pont, ce pont n'oppose pas de nouveaux obstacles à la navigation. Passant au travers du panorama de la Bastille, le viaduc court tout le long du boulevard de la Contrescarpe, traverse la place de la Bastille en contournant la colonne de Juillet et prend ensuite l'axe du boulevard Richard-Lenoir.

Chemin faisant, par deux raccordements distincts, les trains peu
entrer de niveau dans les gares de Lyon et de Vincennes.

Tout permettra au tracé de remplir complètement son but et d'uti
en même temps la longueur totale du boulevard Richard-Lenoir ; le
jet propose l'adoption sur cette partie du parcours d'un viaduc
voies : deux seraient strictement réservées au train métropolitain,
autres seraient affectées au service des gares de Lyon et d'Orléa
les deux dernières serviraient aux communications de l'Est et du N
L'embranchement dirigé vers la gare de Lyon suivra en viaduc la
de Bercy ; ce qui paraît à M. Bourdon n'entraîner que de faibles in
vénients en raison de la circulation réduite de cette rue ; de plus, le
cordement se fait aussi sur le boulevard de la Contrescarpe qui, en
de sa grande largeur, laisse disponibles pour faire cette jonction les
du bassin de la Bastille.

En installant la ligne dans la rue de Lyon, on aurait créé de gra
difficultés de circulation, principalement au confluent de l'avenue
mesnil, point déjà fort encombré.

La gare centrale serait établie au-dessus du bassin du canal S
Martin, qui se trouve situé entre l'avenue de la République et le
bourg du Temple. Cet emplacement est particulièrement favorable
on pourrait, soit entre l'avenue de la République et le boulevard
taire, soit entre le Faubourg du Temple et la rue des Récollets,
des voies de garage. En outre, dans le cas où des agrandissements
viendraient nécessaires, les rues de Malte et de la Folie-Méricourt fo
raient des limites bien définies des îlots à acquérir.

Par un simple passage percé au travers de quelques immeuble
pourrait transformer les anciens Magasins réunis en Hôtel Term
central de Paris.

Au delà de la gare centrale, il suffirait de construire la ligne à
voies puisqu'elle ne servirait plus qu'aux communications des gar
l'Est et du Nord. Ces voies suivraient le quai du canal.

En quittant la gare centrale et en se dirigeant vers la gare de l'E
ligne doit rester en viaduc jusqu'à la rue de Lancry, voie de comm
cation importante du nord de Paris, sur laquelle il est nécessaire
pas créer d'obstacles. Puis on doit entrer en tunnel pour arrive
gares souterraines de l'Est et du Nord. On profite pour cela du re
ment du sol aux abords de la rue des Récollets et on traverse le
Valmy à niveau. L'entrée en souterrain se termine dans les jardi
l'hôpital militaire Saint-Martin. Afin de ne pas entraver la circul
sur le quai Valmy, par la création du passage à niveau, il a été
une modification dans la position des écluses du canal Saint-Marti

Une fois sous terre, la voie gagne facilement les gares du Nord
l'Est. Sous les bâtiments de chacune de ces gares, M. Bourdon a é
la disposition des gares souterraines.

En résumé, M. Bourdon propose l'établissement d'une gare cen
située derrière la place de la République, ce qui, d'après ses calculs,
proche les gares d'Orléans et de Lyon de 3 *km* vers le centre de P
En réunissant les gares de l'Est et de Vincennes qui appartiennent
même Compagnie, il lui donne la possibilité de rapprocher la ban

de la ligne de Strasbourg de la banlieue de la ligne de Vincennes ; en réunissant la gare du Nord à celles de Lyon et d'Orléans, il fournit à ces Compagnies le parcours le plus direct pour leurs trains internationaux.

M. Bourdon ne s'est pas contenté d'étudier ce seul tracé ; il a cherché à le relier avec les voies projetées, celles demandées par la Compagnie du Nord et celles du Métropolitain de la Compagnie Eiffel.

Dans une notice qui est distribuée à tous les membres de la Société présents à la séance, M. Bourdon donne les solutions des problèmes résultant de ces raccordements.

Ainsi étendu et relié aux lignes existantes, le réseau proposé par M. Bourdon pourrait servir à amener dans le centre de Paris les voyageurs de la ceinture Nord, ainsi que le fait la ligne d'Auteuil pour les voyageurs de la ceinture Sud.

Au point de vue de l'exécution, le projet se présente dans des conditions particulièrement avantageuses ; il emprunte de grandes voies, ne nécessite l'expropriation que de quelques immeubles et, en longeant le canal Saint-Martin, il fournit aux bateaux en déchargement des quais couverts qui leur seront très utiles.

M. Fleury ayant demandé quel serait le coût de ce projet, M. Bourdon répond qu'il croit suffisant de donner une idée du projet; que, sans doute, la discussion pourra apporter des améliorations et que d'ailleurs il est peu compétent sur les questions de chemins de fer.

M. le Président déclare que si, cédant à un sentiment exagéré de modestie, M. Bourdon s'est déclaré un peu incompétent en matière d'exécution de chemins de fer, lui doit, *a fortiori*, se déclarer incompétent. Aussi se borne-t-il à remercier M. Bourdon de son intéressante communication; il n'oubliera pas d'adresser ses mêmes remerciements au collaborateur de M. Bourdon, à M. Chapron.

M. le Président remarque que M. Bourdon a nettement indiqué que son projet n'est exclusif d'aucun Métropolitain, qu'il s'est au contraire préoccupé d'établir des jonctions avec ces Métropolitains. Dans ces conditions, la communication de M. Bourdon servira naturellement de point de départ à une discussion sur les divers projets de Métropolitains. Pour cette discussion plusieurs orateurs sont dès maintenant inscrits. Mais M. le Président croit prématuré d'ouvrir de suite la discussion. Il donnera cependant la parole à ceux des membres qui désireraient poser quelques questions à M. Bourdon.

M. Boudenoot croit aussi qu'il est prématuré de commencer la discussion; il désire cependant demander quelques renseignements sur divers points, en particulier sur le coût de ce trajet; car il n'est pas douteux que M. Bourdon a dû faire, au moins approximativement, le calcul de la dépense.

M. Bourdon dit qu'il a, en effet, calculé très approximativement le coût, en se basant sur le coût des Métropolitains établis dans différentes villes. Il n'a pas cru devoir consacrer un temps précieux à ces calculs, n'ayant pas trouvé un appui favorable auprès des pouvoirs publics pour la construction de cette ligne.

Comme il y a 14 *km* de double voie et qu'en moyenne, dans d' villes, les lignes métropolitaines ont coûté 3 millions le kilo M. Bourdon est arrivé à une dépense de 42 millions. Il estime construction devrait être faite par un syndicat des quatre Comp intéressées.

A la demande de M. Charton : quelles seraient les recettes ? M. don répond qu'en supposant une dépense de 42 millions, en co 15 millions de voyageurs à 0,15 *f*, on arriverait facilement à l'amortissement et les intérêts du capital engagé.

M. Bourdon ne croit pas ce chiffre exagéré, étant donné le nombre de directions desservies par la gare centrale.

M. Boudenoot ne croit pas que l'étude, telle qu'on vient de l senter, soit assez complète ni au point de vue financier, ni au p vue technique pour pouvoir engager une discussion approfondie projet.

M. le Président tient à préciser les termes : il insiste sur ce que ciété n'a, pour ce qui regarde le point de vue financier, à considé les prix de revient, mais non les voies et moyens financiers néce à la réalisation des entreprises.

M. Haag demande que la discussion soit reportée à une séanc rieure.

M. le Président est parfaitement de cet avis estimant qu'il y a laisser à tous les orateurs le temps de se préparer.

Revenant sur l'observation de M. le Président, relative au côté cier de la question, M. Boudenoot tient à préciser son idée ; il se p point de vue même dont la sagesse a été mise en lumière au co cement de la séance par M. le Président à propos des Ingénieurs dais. M. Boudenoot estime que, comme eux, les Ingénieurs fr autant que possible, ne doivent pas faire de travaux *qui ne paye* c'est là la question qu'il s'est posée en écoutant M. Bourdon : vail paiera-t-il ? Jusqu'ici M. Bourdon n'a parlé, et encore à titr pothèse seulement, que de 15 millions de voyageurs à 0,15 *f* ; M denoot le prierait de compléter l'exposé des prévisions qu'il a ce ment faites et de dire les recettes qu'il compte réaliser sur les ma dises.

M. Bourdon répond qu'il n'a pas cru nécessaire de compter sur u de marchandises, puisqu'il suffirait de 15 millions de voyageurs à pour couvrir les frais ; ces frais, d'ailleurs, seraient notablement r puisque la ligne n'aurait pas à compter de matériel qu'elle em rait aux grandes Compagnies desservies.

M. Bourdon tient par contre à compléter les indications som fournies sur le réseau complémentaire qui, gagnant l'esplanade valides par les boulevards de l'Hôpital, de Saint-Marcel, de Port de Montparnasse et des Invalides, relierait les lignes de Sceaux, d sailles (rive gauche des Moulineaux), et se poursuivrait en tunn qu'à la gare Saint-Lazare.

Si M. Bourdon n'a pas cru devoir poursuivre l'étude de cette partie du réseau, c'est qu'il ne l'a pas considérée comme pouvant être actuellement rémunératrice.

Répondant à une question de M. Charton, M. Bourdon insiste sur la distinction qu'il fait entre le Métropolitain, qui devra être essentiellement intra-urbain, et son projet, même agrandi, qui devra toujours garder son caractère de réseau de jonction et de pénétration de lignes de banlieue ou de grand réseau.

M. Boudenoot s'étonne, étant données les explications complémentaires de M. Bourdon, que cet Ingénieur ait pour ainsi dire oublié et, en tout cas, laissé à part, en dehors de son projet destiné surtout à relier entre elles et à faire pénétrer dans Paris les grandes lignes de chemins de fer, celle des gares qui amène à Paris le plus de voyageurs de banlieue, la gare Saint-Lazare. Ce sont ces nombreux voyageurs, venant des environs de Paris, qui formeraient la meilleure clientèle d'un réseau pénétrant au cœur même de Paris. M. Boudenoot estime donc qu'il serait essentiel de réaliser cette jonction, non pas en contournant toute la rive gauche, mais par une voie directe dont il recommande l'étude à M. Bourdon.

M. Bourdon répond que cette communication directe se trouve établie par le prolongement jusqu'à la gare Saint-Lazare de la ligne que la Compagnie du Nord doit construire vers l'Opéra ; il ne serait donc pas nécessaire de construire une deuxième ligne parallèle à cette dernière.

M. Charton croit que M. Bourdon s'exagère les servitudes imposées par l'octroi, et il craint qu'en voulant doubler le nombre des voies, il n'apporte une complication de plus à un problème déjà si complexe.

A cela, M. Bourdon répond que l'octroi n'est pas sa seule préoccupation ; il serait difficile de faire circuler simultanément des trains métropolitains dont les arrêts ne devront pas dépasser quinze à vingt secondes et des trains de grande ligne pour lesquels des arrêts prolongés s'imposeront.

M. Boudenoot reconnait qu'il y a des difficultés ; mais il fait observer que, si on empêche de circuler sur le chemin transversal les voyageurs qui doivent simplement user du Métropolitain, il sera bien difficile de trouver les 15 millions de voyageurs. Ce n'est pas le Calais-Nice seul qui les fournira.

M. Bourdon compte sur une plus grande fréquentation des banlieues des lignes d'Orléans et de Lyon, quand elles seront desservies par une gare plus centrale.

M. le Président insistant pour savoir sur quoi M. Bourdon base son estimation de 15 millions de voyageurs, cet Ingénieur répond que 15 millions de voyageurs, c'est le nombre qu'il faut avoir pour couvrir les frais ; mais il ajoute qu'il ne croit pas ce nombre exagéré, puisqu'il entre plus de 7 millions de voyageurs par la gare de Vincennes.

M. Charton ayant fait observer que ces voyageurs de la ligne de Vincennes restent dans Paris et ne se dirigent pas vers la gare du Nord,

M. Bourdon insiste de nouveau sur ce que les trains de banlieue g raient le Métropolitain.

M. le Président ayant constaté que personne ne demande plus la role, fait remarquer que la discussion ne pourra pas commencer a un mois, la prochaine séance étant déjà très chargée.

Après quelques mots de M. Haag, qui annonce qu'il pourra appo dans les discussions des documents nouveaux, recueillis au cour voyages récents, M. le Président déclare la discussion close pou jour-là.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

Séance du 18 mars 1892.

Présidence de M. P. Buquet, Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire part du décès de M. Michau cédé subitement au cours d'un voyage en Égypte :

M. Michau, Félix, était membre de la Société depuis 1880 ; il fut e preneur de travaux publics, ancien Juge et Président du Tribun Commerce de la Seine, régent de la Banque de France et admini teur de la Compagnie des chemins de fer du Nord, officier de la Lé d'honneur. Après avoir fait des études d'architecture à l'École Beaux-Arts et à l'atelier Questel, M. Michau a exécuté d'abord avec père, puis avec son frère, les travaux suivants :

La prison des Madelonnettes, le collège Chaptal, l'église Saint-F çois-Xavier, la Raffinerie parisienne à Saint-Ouen, la prison dép mentale de Nanterre, l'Ecole Monge, le Lycée Lakanal à Sceau l'église Saint-Pierre de Neuilly. Il a fait partie des Comités et Jury Expositions de 1878 et 1889.

M. le Président est heureux d'annoncer à la Société que notre lègue, M. Chélu-Bey, a été nommé commandeur de l'ordre impéria Medjidieh et a reçu, de la Société de Géographie de Paris, le Charles Grad, en récompense de son bel ouvrage sur *le Nil, le Sou l'Egypte*.

La Société a reçu différents ouvrages dont la nomenclature figure suite du procès-verbal.

M. le Président, parmi ces ouvrages, signale d'une façon toute ciale un bel ouvrage dont M. Canet a bien voulu faire hommage Société. C'est une histoire de l'artillerie française, par M. Dredge, i nieur anglais. L'auteur s'est proposé de décrire, avec nombreuses fig à l'appui, les progrès réalisés en France, dans la théorie et dans la f

cation du matériel d'artillerie. Tout ce que l'industrie française a réalisé depuis un certain nombre d'années est représenté et décrit avec soin. M. le Président rappelle à cette occasion la promesse que M. Canet a bien voulu faire à la Société de venir traiter, dans une prochaine séance, des progrès récents de l'artillerie en France.

M. LE PRÉSIDENT donne connaissance de l'avis relatif à l'ouverture, à Palerme, le 10 avril, d'un Congrès national et international des Ingénieurs et Architectes. Ce Congrès doit durer dix jours. Les membres de la Société des Ingénieurs civils sont invités à y prendre part.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau une proposition de modification aux statuts de la Société, signée par MM. Gottschalk, de Comberousse, Polonceau, Reymond, anciens Présidents de la Société, par le Président et tous les membres actuels du Bureau de la Société et par M. Aug. Moreau. Cette proposition est ainsi conçue :

Les soussignés ont l'honneur de soumettre à l'examen de leurs collègues les propositions suivantes de modification aux articles 1, 8 et 20 des statuts de la Société.

ARTICLE PREMIER. — L'article 1er est ainsi conçu :

Il est formé une Société ayant pour titre : « Société des Ingénieurs Civils ».

On propose d'ajouter « *de France* ».

A l'époque où a été créée la « *Société des Ingénieurs Civils* » aucune autre association du même genre n'existait et, dans la pensée des fondateurs, elle devait réunir et grouper les Ingénieurs Civils de toute origine et de toutes spécialités. Il était donc naturel qu'on l'appelât tout simplement « *Société des Ingénieurs Civils* ».

Depuis, le Génie civil s'est développé dans une très large mesure, ses diverses branches se sont de plus en plus spécialisées par la diversité de leurs études ; de nombreuses Sociétés se sont organisées à Paris et en province ; certaines prennent une étiquette fort générale, qui indique le désir de s'étendre assez loin et de grouper autour d'elles les Ingénieurs de plusieurs régions.

Dans ces conditions, on peut craindre que, peu à peu et par la force des choses, notre Société ne finisse par être seulement « *La Société des Ingénieurs Civils de Paris* », ce que ne voulaient évidemment pas ses fondateurs.

A l'étranger, où le titre de membre de notre Société est, à juste raison, considéré comme un honneur, certaines hésitations se font jour ; les uns se disent « *de la Société des Ingénieurs Civils de Paris* », car, sans cette désignation spéciale, le titre reste trop vague ; d'autres, et en grand nombre, nous demandent s'ils peuvent ajouter « *de France* » pour bien spécifier à quelle Société ils appartiennent réellement.

Le rôle, que nous avons joué à l'Exposition de 1889, a donné une nouvelle impulsion à ces démarches ; l'importance de notre Société n'a échappé à personne ; on a bien compris que nous sommes « *les Ingénieurs Civils de France* » ; nous vous demandons de l'affirmer, en ajoutant au titre de notre Société, les mots « *de France* ».

ART. 8. — Ainsi conçu. *L'Administration de la Société et l'organisation*

de ses travaux sont confiées à un Comité électif composé de trente membr des Présidents honoraires et de tous les anciens Présidents; dix d'entre e forment le Bureau.

L'importance actuelle du nombre des sociétaires parait justifier l'a mentation de celui des membres du Comité; il semble indiqué que représentation doit être élargie: d'autre part, il faut dans la pratiq compter avec les absences forcées et l'expérience démontre suffisamme tout l'avantage qu'il y aurait à entrer dans cette voie; nous vous pro posons, en conséquence, de dire :

L'Administration de la Société, etc., etc..... à un Comité électif comp de trente-quatre membres, etc., etc.....

Le Comité compterait ainsi, en dehors du Bureau, vingt-quatre me bres au lieu de 20.

Art. 20. — Ainsi conçu: *Les membres du Comité et du Bureau s rééligibles; mais la Présidence ne peut être confiée au même sociétaire p dant deux années consécutives.*

Cet article nous a paru réclamer une modification indiquée, d'ailleu croyons-nous, par de nombreuses observations qui se sont produites divers côtés; il ne suffit pas, en effet, d'élargir les cadres du Comité faut, en même temps, assurer la tradition de la gestion de nos affai et faciliter, au plus grand nombre possible de sociétaires, l'accès du C mité.

Pour qu'un roulement régulier puisse s'établir sans froisseme d'aucun genre, il est nécessaire de le rendre statutaire; de cette fac chacun sortira à son heure et les éléments nouveaux pourront trouv leur place, en laissant cependant à la Société le droit absolu de se p noncer, chaque année, sur tous les candidats, ce qui est dans l'esprit la lettre des statuts actuels.

Le nombre des membres du Comité étant porté à vingt-quatre, peut décider que, chaque année, six membres du Comité deviendro inéligibles au même titre, pendant un an, de telle sorte qu'en quat années, le Comité pourrait être renouvelé naturellement et sans co promettre l'administration de la Société.

La même mesure serait appliquée aux quatre vice-présidents et a quatre secrétaires; le trésorier étant toujours rééligible. Cette excepti se justifie d'elle-même.

En conséquence, le nouvel article 20 serait ainsi conçu:

Art. 20. — *1° La Présidence ne peut être confiée au même sociétaire pe dant deux années consécutives.*

2° Les Vice-Présidents, les Secrétaires et les Membres du Comité ne so rééligibles en la même qualité que pendant quatre années consécutives.

3° Pour la première fois, c'est-à-dire après les élections de décembre 189 le tirage au sort désignera l'ordre dans lequel les Vice-Présidents, Secr taires et Membres du Comité, élus, deviendront inéligibles pendant un a ces derniers au nombre de six chaque année.

4° Le Trésorier est toujours rééligible.

M. le Président tient à bien expliquer le sens des modifications pr posées à l'article 8, relatif à la nomination des membres du Comité;

est bien entendu que les droits de la Société sont entièrement réservés en ce qui concerne la nomination des membres du Comité.

Chaque année, avant comme après la modification proposée, l'Assemblée aurait à réélire *tous* les membres du Comité ; mais, pour faciliter l'entrée de nouveaux membres dans le Comité, sans causer de froissements aux anciens membres qui seraient exclus sans raison, six membres sur vingt-quatre seraient chaque année inéligibles pour un an. On *pourrait* donc réélire chaque année dix-huit membres anciens sur vingt-quatre, mais *six* seraient nécessairement nouveaux chaque année.

Après ces explications, M. le Président demande à l'Assemblée si elle est d'avis de prendre ces propositions en considération.

La prise en considération est votée à l'unanimité moins une voix.

M. LE PRÉSIDENT invite en conséquence l'Assemblée à nommer une Commission de revision qui devra se composer de cinq membres au moins.

Sont nommés : MM. P. Buquet, A. Mallet, Aug. Moreau, Ed. Simon et H. Vallot.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Edmond Coignet pour sa communication sur *les ruines de Baalbeck et sur l'isthme de Corinthe.*

Cette communication sera insérée *in extenso* au Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. G. Thareau pour sa communication sur *la vapeur surchauffée et le surchauffeur Uhler.*

Cette communication sera insérée *in extenso* au Bulletin de mars 1892.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que l'ordre du jour porte la suite de la discussion sur la communication de M. A.-G. Coste *Sur les chemins de fer à voie étroite.*

Cette communication a occupé une partie de la séance du 7 août et a été suivie d'une discussion à laquelle ont pris part MM. Grille, P. Regnard, Jousselin et Ed. Roy. Cette discussion a dû être interrompue pour permettre d'épuiser l'ordre du jour.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Coste qui a exprimé le désir de rattacher par un court résumé cette discussion à celle du 7 août et de répondre de suite aux affirmations de M. Grille.

M. A.-G. COSTE rappelle que, dans sa communication du 7 août, il n'a pas voulu faire de *théorie*, il a voulu par l'examen des résultats pratiques de la construction et de l'exploitation, montrer la supériorité des voies de 1 *m* sur celles de 0,60 *m* ; il s'est proposé de faire une communication technique sans aucun parti pris.

M. Coste ne prétend en aucune façon faire de la voie de 1 *m* une *panacée universelle ;* il estime au contraire que la voie normale devra être adoptée quand les circonstances locales et l'importance du trafic permettront de le faire ou quand il s'agira de satisfaire à des conditions spéciales. Mais, une fois le principe de la voie étroite admis, il se prononce pour la voie de 1 *m*, à tous points de vue, à l'exclusion de toute autre.

S'il est vrai, comme des expériences récentes le démontrent, que *les véhicules à voie normale peuvent circuler dans des courbes de 100 m de rayon*, M. Coste pense qu'il est excessif d'en conclure qu'on peut ad-

mettre d'une façon suivie un aussi faible rayon pour des voies à écar tement normal, et qu'il est préférable d'adopter la voie normale plut que la voie de 1 *m*.

Au contraire, d'après M. Coste, la pratique a démontré que le mat riel des grandes lignes ne peut circuler sans inconvénient notable da les courbes à très faible rayon, que si la voie est excessivement lourd parfaitement établie et entretenue avec beaucoup de soin; et enco faut-il compter sur une vitesse très réduite et une usure rapide du m tériel.

M. Coste affirme que la résistance due aux courbes de faible ray serait au moins deux fois plus grande dans le cas d'un matériel à vo normale que dans le cas d'un matériel à voie d'un mètre, circulant da une courbe de même rayon; il est donc d'avis qu'il serait dangere d'exploiter une ligne à voie normale qui serait établie avec des courb de 100 à 150 *m* de rayon sans modifier les dispositions du matériel ro lant; il est persuadé qu'une Compagnie qui accepterait une concessi à voie normale avec de pareilles courbes serait amenée à créer un m tériel spécial qui serait localisé.

En résumé donc, sur ce point, il estime que les expériences citées p M. Grille n'auront aucune conséquence sur le développement rationn des chemins à voie de 1 *m*. Pour ce qui est du *prix d'établissement* d chemins à voie de 1 *m*, si dans des circonstances exceptionnelleme difficiles, quand l'infrastructure a coûté jusqu'à 170 000 *f* par kilomèt le prix kilométrique total a pu atteindre et même dépasser 200 000 mais c'est une question d'espèce et M. Coste affirme que, d'une manié générale, le prix de construction est loin d'atteindre 100 000 *f* et mê 80 000 *f*; il pourrait citer plusieurs lignes qui ont nécessité pour le établissement des travaux de terrassement et d'ouvrages d'art très im portants et qui ont coûté seulement de 50 000 *f* à 56 000 *f* le kilomèt tout en parcours à travers champs et non sur les accotements des route

Dans ce prix sont compris 7 à 8 m^3 de terrassement en moyenne p mètre, les ouvrages d'art, les gares, etc.

M. Coste ne croit pas que les voies de 0,60 *m* coûtent beaucoup moi cher; ainsi, prenant quelques concessions accordées à la Société Deca ville, il indique que le capital de premier établissement de la ligne Pithiviers à Toury a coûté 28 000 *f*, que la dépense de construction la ligne de Dives à Luc-sur-Mer pourra atteindre 32 134 *f* par kilomèt que la ligne du Grand-Camp à Isigny coûtera 32 956 *f* le kilomètre; croit de plus savoir que la même Société sollicite des concessions po lesquelles le capital de premier établissement se rapprocherait beauco de 40 000 *f* le kilomètre.

A ces prix il oppose des lignes à voie de 1 *m*, établies sur le sol d routes, qui ne coûtent pas plus de 39 000 *f* le kilomètre. M. Coste concl du rapprochement de ces chiffres que si les lignes à voie de 0,60 *m* cité par lui étaient établies à travers champs dans les mêmes conditions q celles à voie de 1 *m* citées d'abord, le capital de premier établisseme serait à peu près le même dans les deux cas.

Passant *aux machines*, M. Coste compare les types d'un même inve

teur, notre collègue M. Mallet, pour l'un et l'autre écartement de voie :

	Machine pour voie de 0,60 *m*	Machine pour voie de 1 *m*
Poids de la machine vide	18 *t*	32 *t*
Poids maximum en service. . . .	21 *t*	40 *t*
Surface de chauffe totale	39 m^2	80 m^2

Et reprenant les différents éléments de ce tableau, il insiste sur les avantages de la traction à voie de 1 *m* dont la surface de chauffe est double de celle de la machine à voie de 0,60 *m*.

Il semble également à M. Coste que c'est à tort que M. Grille a insisté sur une *stabilité* du matériel à voie de 0,60 *m* plus grande que celui à voie de 1 *m*. Il faut en effet considérer deux éléments : la largeur de la voie et la largeur du matériel.

Pour la voie de 0,60 *m*, M. Coste croit imprudent de dépasser la largeur de 1,50 *m* pour le matériel et ne saurait conseiller d'aller jusqu'à 2,05 *m*.

M. Coste voudrait savoir, après quelques années de fonctionnement, ce qu'ont été comparativement les *dépenses d'entretien de la voie et du matériel* pour les chemins de l'un et de l'autre type.

Quoi qu'on fasse, le matériel pour voie de 0,60 *m* ne paraît pas à M. Coste pouvoir être aménagé pour le transport des longs bois et des chevaux. Il faut donc exclure la voie de 0,60 *m* des *réseaux stratégiques*.

Il est vrai que le long des frontières de l'Est, on a parlé de l'ouverture d'un réseau stratégique de 500 à 600 *km*, apte à transporter des canons, du matériel et des chevaux.

M. Coste se refuse d'admettre comme formant un réseau stratégique un ensemble de voies établies dans le seul but de relier les forts détachés de certaines places fortes. Ces voies, que l'Administration regretterait, dit M. Coste, d'avoir établies à largeur si réduite, ne sont assimilables qu'à ces voies d'usines, de mines, de carrières destinées aux manutentions intérieures.

Ce qui prouve que cette assimilation est juste, c'est qu'on a admis des rampes de 0,06 *m* à 0,07 *m* par mètre, des courbes de 20 *m* de rayon. Mais aussi a-t-on parfois de la peine à remorquer un chargement de 12 *t*, soit 8 *t* de poids utile.

M. Coste maintient donc la conclusion de son exposé du 7 août et dit qu'il n'y a réellement aucun intérêt à construire des chemins de fer à voie de 0,60 *m* qui coûtent à très peu près autant que les chemins de fer à voie de 1 *m* et qui ne peuvent rendre les mêmes services que ceux-ci.

M. le Président a reçu de M. Ed. Roy, qui regrette de ne pouvoir assister à la séance, la lettre et la note ci-dessous :

« Paris, le 18 février 1891.

» Monsieur et cher Président,

» J'ai le regret de vous informer que je ne pourrai pas assister à la » séance du 18 mars ; mais je puis vous déclarer d'avance que, si je » prenais part à cette discussion, ce serait pour appuyer entièrement les » opinions déjà émises par M. Coste dans sa communication du 7 août

» dernier, sauf en ce qui concerne son évaluation des dépenses kilom
» triques de construction, qu'il n'évalue qu'à 26 000 *f*. Ce prix, qui n'
» applicable qu'aux lignes placées sur accotements de route, est tr
» faible et devrait être majoré d'au moins 20 0/0, en présence des e
» gences toujours croissantes de la main-d'œuvre.

» J'ajouterai que l'établissement des voies sur la chaussée est
» trompe-l'œil économique, parce que l'entretien de la voie est, rela
» vement à l'entretien sur accotement, beaucoup plus onéreuse et a
» croît considérablement les frais d'exploitation, et qu'il est beauco
» plus économique de faire quelques sacrifices de premier établisseme
» pour épargner la circulation permanente des charrettes sur la v
» ferrée et éviter les détériorations et, par suite, les dépenses perm
» nentes auxquelles elles donnent lieu.

» Au point de vue de l'établissement de la voie, la largeur de voie
» 1 *m* peut parfaitement comporter l'emploi du rayon minimum
» 60 *m* en pleine ligne, en employant des raccordements paraboliqu
» et 50 *m* d'alignement droit au minimum entre deux courbes consé
» tives de sens inverse, à cause du rachat progressif du dévers à étab
» à l'entrée et à la sortie des courbes.

» Au sujet de ce que je dis sur les courbes, je vous adresse une note
» indiquant un moyen pratique d'établir des raccordements parabo
» ques sans nécessité de modifier en rien la construction de la pla
» forme conformément aux projets établis avec courbes normales, d
» je me suis très bien trouvé pour la pose de la voie du chemin de fe
» voie de 1 *m* de Saint-Georges-de-Commiers à La Mure, ayant plus
» quatre-vingts courbes de 100 *m* de rayon dans un parcours de 24 *k*

» Je profite de cette circonstance pour rectifier une erreur d'impr
» sion du procès-verbal du 7 août, qui me fait dire que, sur le chemin
» fer de Saint-Georges-de-Commiers à La Mure, « il y a des machi
» de 10 *t* à trois essieux accouplés passant dans des courbes de 10 *m*
» rayon », en remorquant des trains de quatorze voitures, au lieu d
» *il y a des machines de 30 t à trois essieux accouplés, passant dans*
» *courbes de 100 m de rayon*.

» Veuillez agréer, etc.

» Edmond Roy. »

(1) *Raccordement parabolique d'un arc de cercle d'un rayon* R *avec sa tangente.*

R — Rayon de la courbe.
TC — Tangente.
B — Point de tangence de la courbe.
BC — Longueur de la tangente de la portion d'arc de cercle à modifier pour for
le raccordement parabolique = C.
CK = *n* = Ordonnée du point K de l'arc de cercle BK par rapport à sa tangente
donnée par la formule $C^2 = 2Rf - f^2$ simplifiée $C^2 = 2Rf$, d'où l'on

$$f = \frac{C^2}{2R} \text{ et } n = \frac{C^2}{2R}.$$

En faisant la longueur de la tangente du raccordement parabolique double de BC,
a AB = BC et AB + BC = *p*, longueur de la tangente du raccordement paraboli
dont le point de tangence sera en A.

Pour que les résultats obtenus par les formules simplifiées ne s'éloignent pas trop

M. Aug. Moreau a la parole.

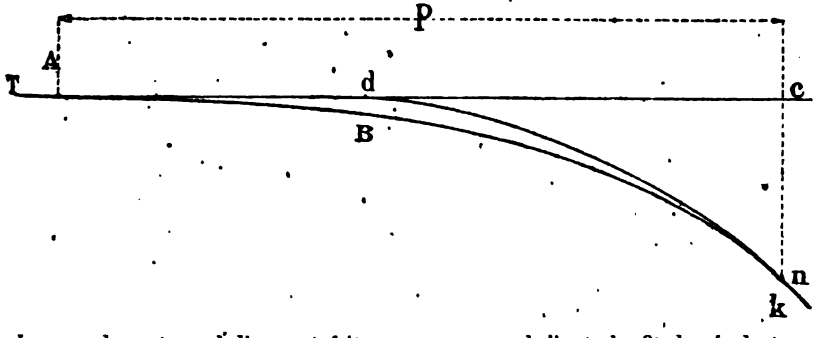
M. Auguste Moreau croit que la controverse actuelle ne peut être basée que sur un malentendu qui vient de l'origine même du débat.

L'antagonisme des partisans des différentes voies provient le plus souvent, en effet, de ce que chacun veut faire d'un type unique la panacée universelle.

En principe, l'adoption d'une largeur déterminée doit résulter des besoins et non d'une idée préconçue. Évidemment, dans la pratique, il y a lieu de ne pas multiplier à l'infini les types et d'adopter, non pas un nombre illimité de voies, mais, par exemple, deux instruments bien tranchés : la voie de 1 *m* pour les lignes chargées, et celle de 0,75 *m* pour celles qui ne le sont pas.

Il n'est pas admissible que toutes les lignes, même à voie réduite, soient uniformément établies d'après les mêmes données; la voie de 1 *m* se trouvera nécessairement trop forte dans bien des cas, tandis que celle de 0,75 *m* sera trop faible dans quelques autres ; la voie de 1 *m* cependant est celle qui a eu le plus de succès, surtout à cause de sa force de résistance.

siblement du degré d'exactitude mathématique, il convient que la longueur de p ne dépasse pas $\frac{R}{4}$.



Le raccordement parabolique est fait par un arc parabolique du 3e degré, dont on connaît l'abscisse maximum p et son ordonnée n.

Les ordonnées y de cette parabole étant proportionnelles au cube de leurs abscisses respectives x, on a pour un point intermédiaire quelconque $y = \frac{n \cdot x^3}{p^3}$.

R', rayon de courbure de la parabole en un point quelconque, sera donné par la formule $R' = \frac{pR}{x}$, d'où le rayon de courbure approximatif de la parabole à son point de raccordement avec l'arc de cercle sera $\frac{pR}{p} = R$.

Ces formules, appliquées pour un raccordement parabolique de 24 *m* de longueur de tangente d'une courbe de 100 *m* de rayon, ne donnent qu'un déplacement de 0,090 à l'axe de la voie au droit de l'origine B de la courbe en arc de cercle, c'est-à-dire au maximum par rapport à l'axe de la plate-forme, établi suivant le tracé normal des rayons de courbure indiqués au projet d'exécution. On obtient donc, en suivant cette méthode, un raccordement parabolique facile à établir par un simple rippement des rails en faisant la pose de la voie, sans avoir rien à modifier au projet pour la construction de la plate-forme.

Néanmoins, certaines lignes assez chargées, comme celles de Blan de Cessous, et Trébian, de Rochebelle, de Marcillac à Tramond, etc., des voies variant de 0,70 à 0,80 *m* et ne paraissent pas s'en porter p mal.

Il en est de même, à l'étranger, des lignes du Broëlthal (0,78 *m*), Liestal à Waldenbourg (0,75 *m*), de Rostoken à Markdof (0,75 *m*), chemin de fer militaire hongrois (0,75 *m*), et de nombre de lignes Saxe, en Silésie, en Turquie, etc..

Le reproche que l'on pourrait donc faire aux Compagnies seconda est d'avoir peut-être trop largement adopté le type unique supérieur voie de 1 *m*, dans la pensée de faire plus solide et plus durable : c probablement ce que veut dire M. Grille, quand il leur adresse le proche de vouloir jouer aux grandes Compagnies.

Conclure, comme M. Coste, que plus la voie est étroite, plus les f d'exploitation sont élevés, est peut-être également un peu excessif. C est vrai, lorsque, pour des besoins déterminés, on adopte une voie étroite qu'il ne conviendrait logiquement; on s'expose alors, en effe voir les frais d'exploitation augmenter considérablement.

M. Coste nous a signalé à ce sujet les oscillations latérales, les in lités dans les charges sur les ressorts et sur les rails, l'usure des par délicates du mécanisme placé trop près du ballast, ou ayant des secti plus faibles qu'avec une voie plus large.

Mais tous ces inconvénients disparaissent si la charge des véhic et la vitesse des trains diminuent en même temps que la voie, ce doit être, si l'on est conséquent avec soi-même: sinon c'est que la li a été mal étudiée, et cela est tout aussi dangereux sur la voie étroite sur la voie large, où personne ne songerait à employer le même m riel pour porter des matières lourdes et des substances légères, p marcher à la vitesse des trains-éclairs ou des trains-omnibus.

Et s'il en était autrement, en poussant le raisonnement à l'extrê on n'aurait plus qu'à conclure, comme M. Grille, qu'il y a dans tous cas avantage à adopter la voie large; on sera certain avec elle d'év tous les inconvénients indiqués plus haut.

On nous a signalé les petits chemins dont les voies ont été peu à renforcées; mais cela ne veut pas dire qu'ils aient tous été insta trop faibles à l'origine : c'est le trafic qui, en augmentant réguli ment, a rendu ce renforcement indispensable. Tel est le cas de l'exem si souvent cité du Festiniog, où le fait d'avoir remplacé des rails 8 *kg* par d'autres de 15, puis de 24 *kg*, ne peut résulter d'un sim oubli. La véritable erreur a consisté à prendre la voie de 0,60 *m* l'habile ingénieur, dont le nom est si souvent cité dans ces questi M. Spooner, l'a lui-même reconnu bien volontiers depuis longtem la voie de 1 *m*, admissible aujourd'hui, eût été trop large au déb c'est la voie de 0,75 *m* qu'il eût été préférable d'installer dès l'origi

Il est certain, d'un autre côté, que si l'on veut faire suffire une fa voie aux mêmes exigences de charge et de vitesse qu'à une voie de les principaux éléments devront être les mêmes. On aura beau parle la multiplicité des essieux et de la subdivision des charges, ce choses que l'on pourrait tout aussi bien réaliser avec la voie de 1 *m* s

le désirait ou si le besoin s'en faisait sentir. Dans ces conditions, il n'y a rien d'étonnant à ce que les frais de superstructure et de matériel ne soient à peu près identiques et leur entretien d'autant plus élevé, que les éléments en seront plus faibles à travail égal.

En résumé, la voie de 1 *m* est un maximum qui aurait dû rester un minimum et l'on aurait pu souvent employer le minimum de 0,75 *m* qui aurait rendu de réels services. Mais encore faut-il bien établir que c'est là le minimum au-dessous duquel il ne faut pas descendre. Car en allant au-dessous, les inconvénients de la réduction de la voie ne seront pas rachetés par une économie correspondante à cause de la constance de certaines dépenses qu'il est impossible de réduire au delà d'une limite déterminée, comme l'épaisseur du ballast par exemple. Cette épaisseur est une des choses les plus importantes et la pratique a démontré qu'il y a intérêt à ne pas lésiner sur ce chapitre ; il en est de même du poids de rails ; ce qui est économisé à l'origine en frais de premier établissement se paie ensuite largement en frais d'entretien pendant la période d'exploitation.

M. Auguste Moreau examine alors plus particulièrement la communication de M. Grille qui peut se résumer en deux mots : il y a lieu d'abandonner toutes les voies étroites et de n'adopter que celle de Petit-Bourg. Si l'on n'accepte pas la voie de 0,60 *m*, on n'a plus qu'à construire à voie normale, les autres voies ne donnant sur celle-ci aucune économie sérieuse.

Sans fatiguer la Société par d'éternelles redites, on peut rappeler que cette théorie a été bien souvent réfutée à cette même tribune depuis plus de trente ans. La voie normale a été, en effet, condamnée ici, dès 1860, par des ingénieurs parmi lesquels on comptait l'illustre Flachat et depuis par un très grand nombre de nos collègues, élèves ou admirateurs de ces célèbres devanciers ; *jamais* un seul avis opposé ne s'était élevé jusqu'à ce jour pour soutenir la thèse contraire.

Les grandes Compagnies, restées indifférentes pendant longtemps, ont adopté elles-mêmes la voie étroite pour nombre de leurs petites lignes. La cause paraissait complètement gagnée, la voie normale condamnée.

Nous-même avons préconisé à plusieurs reprises l'adoption de la voie étroite et de la voie la plus étroite possible ; mais par là nous entendions, et nous l'avons très nettement expliqué, une voie proportionnée aux besoins, dans les limites citées plus haut.

Or la voie de 0,60 *m* est certainement insuffisante pour la plupart des besoins d'une voie ferrée ; et s'il était permis d'avoir, il y a quelques années, des doutes à cet égard, aujourd'hui ce n'est plus possible.

M. Grille conclut de ce fait qu'on a généralement adopté des rayons de 100 *m* à des rails de 20 à 25 *kg* le mètre courant sur les lignes secondaires ; qu'on aurait bien fait de les établir à voie normale.

C'est là une erreur : si ces lignes ont été rationnellement établies, la voie normale dans les mêmes conditions et rien que parce qu'elle est large aurait exigé des rayons de 150 *m* et des rails de 25 à 30 *kg*, à cause du supplément de largeur et du poids mort à remorquer. Que si, par suite d'un artifice quelconque, et il y en a aujourd'hui de fort ingénieux, ne serait-ce que la boîte de notre collègue, M. Ed. Roy, on peut réduire ces rayons et faire franchir à la voie normale des rayons de 100 *m* et au-

dessous, en appliquant les mêmes procédés à la voie étroite ; celle-ci
servera proportionnellement tous ses avantages. Quant à faire cir
des véhicules ordinaires de la voie normale dans des rayons de 1
cela se fait en effet, mais au grand préjudice de la voie et du ma
roulant, et cela ne peut passer pour une bonne solution en exploit
courante.

L'hypothèse que fait M. Grille de voir approprier de vieilles mac
à la nouvelle exploitation ne peut être non plus érigée en principe
fournit dans tous les cas qu'une solution défectueuse ; mais il faut c
que la réduction de la voie présente des avantages plus importants
ne le suppose, puisque de grandes Compagnies, comme celle du N
qui ont constamment et à profusion de vieilles machines à utiliser
préféré employer la voie de 1 *m* pour certaines lignes secondaires.
citerons par exemple celle qui dessert le district phosphatier de la So
cependant très chargée. L'économie signalée par M. Grille sur les
liers, dépôts, etc., tombe donc d'elle-même, car avec la voie larg
reviennent beaucoup plus cher ; d'abord parce qu'ils sont au moins
tiers plus larges, sensiblement plus longs, et que, par suite, tou
détails des combles et même les murs, en sont plus forts et, partant,
coûteux.

M. Grille affirme ensuite qu'un grand nombre de lignes établies
à voie étroite auraient dû être laissées de côté. C'est encore une er
le réseau de nos chemins de fer devra dans l'avenir être aussi déve
que celui de nos routes et chemins ordinaires, c'est une questio
temps. Mais, de même qu'il ne viendra à personne l'idée de n'é
dans un pays quelconque que des routes nationales et des chemin
raux ou des sentiers pour les piétons, de même il y a bon nomb
lignes intermédiaires à construire entre la voie normale et la vo
0,60 *m* qui ne peut rendre aucun service en dehors de la ferme, d
sine ou du chantier de terrassement.

Et cela ne sera nullement fâcheux pour l'équilibre des finance
moment qu'il y aura service public et accroissement général du
de la propriété de la région par suite de la facilité des trans
L'erreur financière consiste exclusivement, au contraire, à emplo
voie normale où elle n'a que faire ou à adopter un chemin de fe
faible qui sera entièrement à renouveler au bout de peu de temps; l
à en tirer bénéfice étant le fabricant qui l'a fourni, et encore à la c
tion qu'il ne soit pas chargé de l'entretien.

Il est donc absolument contraire à la vérité, comme le prétende
fabricants de petits porteurs, que toutes les lignes auraient dû êtr
blies à voie normale ou à voie de 0,60 *m* sans aucun intermédiaire

La prétention de la voie de 0,60 *m* à vouloir s'ériger en solutio
nérale nous paraît encore plus contraire à la vérité que celle de
excepté pour les voies portatives allant chercher les récoltes au m
des champs pour les amener à la ferme ; pour les brouettes, comm
avec beaucoup de justesse M. Grille, devant remplacer les instru
ordinaires de terrassements. Mais nous ne pensons pas que pou
exercice régulier et public comme l'est celui d'un chemin de fer, l
soit de se faire transporter en *brouette*.

Entre cette dernière et les huit ressorts, il y a plusieurs autres modes de transports, proportionnés aux besoins et à la situation de fortune des intéressés ; ce sont ceux qui, pour nous, représentent les véritables chemins de fer économiques, dont la voie, avons-nous dit, doit rester entre 1 *m* et 0,75 *m*.

Au-dessus de 1 *m*, on n'a plus assez de bénéfice sur la voie normale, et au-dessous de 0,75 *m* on n'en peut plus réaliser de sérieux comme voie étroite, à moins d'avoir des charges très faibles et de marcher lentement comme cela se présente dans une exploitation agricole ou un chantier de construction.

Notons en passant que M. Decauville préconisait, il y a quelques années, la voie de 0,50 *m* et un rail de 4 *kg*, et qu'aujourd'hui il l'a portée spontanément à 0,60 *m* avec un rail de 7 à 8 *kg* et même 9,5 *kg*.

La voie de 0,75, nous le répétons, paraît le minimum à employer pour un chemin de fer méritant ce nom, si petit qu'il soit. Si l'on pouvait encore hésiter il y a dix ans à ce sujet, l'hésitation aujourd'hui n'est plus permise. L'économie due à la réduction des éléments s'arrête à ce moment et n'est plus proportionnelle à la diminution de largeur de la voie. Il faut, en effet, si l'on veut marcher à une vitesse un peu plus grande que les voitures des routes, donner aux pièces du matériel, aux traverses, aux rails, à l'épaisseur du ballast, des dimensions constantes qu'il serait imprudent, quelquefois impossible de réduire. La superstructure au moins diminue peu, et si on lui fait subir quand même des réductions, on s'expose à payer chèrement en frais d'entretien le peu d'économie qu'on a réalisée pendant la construction.

L'emploi du matériel à bogie ne peut d'ailleurs être porté au bénéfice d'aucune voie, car il peut s'adapter à toutes et l'on peut toujours rapprocher et multiplier suffisamment les essieux des bogies pour ne pas charger trop le rail. Mais le matériel à bogie n'est pas à recommander, sauf les cas d'urgence, à cause des suppléments de poids mort qu'il entraîne.

Le mieux, pour faire comprendre le peu d'adaptation de la voie de 0,60 *m* aux services des vrais chemins de fer, est de citer quelques exemples. Nous les prendrons dans les voies dites *portatives*, genre Decauville, qui, pour posséder les avantages de mobilité et de pose rapide qu'on leur demande, présentent au plus haut degré les défauts de légèreté et de fragilité des voies de cette dimension.

Chemin de fer de Sousse à Kérouan. — Ce chemin de fer Decauville, d'une longueur de 60 *km*, a été établi par l'administration de la guerre. Sur le parcours, on rencontre des rampes de 25 et de 30 *mm* par mètre. Les petites machines de 6 à 7 *t* qui circulaient sur cette voie pouvaient à peine gravir ces rampes avec une charge de 5 ou 6 *t* seulement. La Compagnie de Bône à Guelma, qui a repris l'exploitation de ce chemin de fer, a déjà dépensé plus de 150 000 *f*, paraît-il, pour mettre la voie et le matériel en état.

Malgré ces améliorations coûteuses, la Compagnie de Bône à Guelma n'a pu réussir à faire un service régulier. Les machines ont été remisées et depuis quelque temps les véhicules sont remorqués par des chevaux! Cette Compagnie serait actuellement en instance auprès de l'Etat pour

substituer une ligne ordinaire à voie d'un mètre au chemin de fe
cauville.

La stabilité de ces véhicules à voie de 0,60 *m* est tellement peu
qu'un vent un peu fort, toujours gênant d'ailleurs avec toutes les
amène invariablement le renversement des voitures. Or, ses con
teurs la préconisent spécialement pour les plages.

Le 9 novembre dernier, un train a été ainsi renversé par deux f
suite sous l'effet d'un grand vent.

On a donc tort de donner aux véhicules de la voie de 0,60 *m* p
deux fois et demie la largeur de la voie : cela double l'inconv
inhérent à leur légèreté.

M. Auguste Moreau conclut donc encore que les voies portativ
genre Decauville peuvent rendre des services dans l'industrie priv
dans les chantiers de terrassements, en raison de leur légèreté et d
flexibilité. Mais ces qualités constituent des défauts essentiels po
chemin de fer devant servir à transporter des voyageurs et des ma
dises, au moyen d'un matériel roulant nécessairement plus stable
lourd.

Les inconvénients de ces voies sont, en resumé, les suivantes :

1° Elles ne peuvent être établies que sur un sol ancien et parfait
résistant. Ces voies sont bientôt mises hors de service quand elle
établies sur des remblais qui ne sont pas suffisamment tassés.

2° Les rails (9,500 *kg* par mètre courant) sont très peu résistant
l'action de charges roulantes, même peu importantes; suivant les
bes et les pentes de la voie, ces rails se déforment très vite et la
présente, en plan et en profil, des ondulations plus ou moins p
cées.

3° La faible section transversale du rail entraîne la multiplicati
points d'appui (8 traverses métalliques pour 5 *m* de longueur de v
le roulement devient ainsi très dur.

4° Pour faire le remplacement d'une seule traverse sur une vo
cauville, il faut enlever toute la travée correspondante de 5 *m*.

5° La forme et la faible hauteur de la traverse ne permettent
tenir le ballast. Les traversés se soulèvent au passage de chaque
La voie devient instable et le ballast se désagrège.

Le chemin de fer de l'Exposition ne peut en rien servir de te
comparaison et à plus forte raison de modèle, car il ne transport
des voyageurs et a été construit dans des conditions exceptionne
solidité qui le classent tout à fait à part dans cette catégorie de lig

Son exploitation a été très bien faite, mais elle a duré à pein
mois, ce qui est bien peu.

Ces voies doivent donc être résolument abandonnées pour l'éta
ment et l'exploitation d'un chemin de fer destiné au transport des
geurs et des marchandises, quelle que soit l'importance du trafic
servir.

Il n'est pas sans intérêt, pour terminer, de signaler que la loi
mentale du 11 juin 1880 sur les chemins de fer d'intérêt local est
point d'être modifiée.

On vient de distribuer à la Chambre le projet de loi modificatif déposé par le gouvernement. Voici les bases de ces modifications :

On sait que dans le cas où le produit brut d'une ligne est inférieur à 5 0/0 du capital d'exploitation, l'Etat s'engage à subvenir pour partie au payement de cette insuffisance.

Désormais, l'Etat ne subviendra que lorsque les insuffisances seront inférieures à 3,75 *f* 0/0 pour l'intérêt et 0,75 *f* 0/0 pour l'amortissement. Encore n'accordera-t-il que 750 *f* au maximum par kilomètre pour les lignes d'intérêt local et 500 *f* par kilomètre pour les tramways.

De plus, les départements ne seront plus admis à fournir intégralement les frais de premier établissement. Le concessionnaire devra toujours en fournir une partie. Le capital de premier établissement ne pourra plus être établi à forfait, et ce ne sera plus sur ce forfait que sera calculée la subvention de l'Etat.

Pour les émissions d'obligations, la loi de 1880 ne les autorisait que jusqu'à concurrence du capital-actions. D'après la législation nouvelle à intervenir, le capital-actions devra être engagé dans la ligne pour un tiers de la dépense laissée à la charge des concessionnaires, et les émissions d'obligations ne pourront dépasser les deux tiers de la dépense laissée à leur charge, ce qui entrainera faculté d'émettre des obligations au delà du capital-actions, mais avec l'autorisation du ministre des Travaux publics, et lorsque la Compagnie sera concessionnaire d'autres lignes dans le même département ou dans un département limitrophe.

On ne peut se dispenser en même temps de faire un vœu, c'est qu'on modifie par la même occasion les cahiers des charges et règlements spéciaux qui accompagnaient cette loi et paraissaient avoir été plutôt rédigés pour paralyser ces entreprises que pour en assurer le développement.

Vu l'heure avancée, la fin de la discussion est remise à la séance du 1er avril.

La séance est levée à onze heures et demie.

LA VAPEUR SURCHAUFFÉE

ET

LE SURCHAUFFEUR L. UHLER

PAR

M. G. THAREAU

L'idée d'employer la vapeur surchauffée date déjà de
c'est pour le chauffage, je crois, qu'on en fit les prem
applications. Quand dans l'industrie on a eu besoin de p
des corps à des températures élevées et que l'emploi de
chaud présentait des inconvénients par suite de l'altération
l'oxygène porté à une haute température pouvait faire su
ces corps, ou bien que le chauffage à feu nu présentai
dangers, on eut l'idée d'employer la vapeur surchauffée.

La vapeur saturée aux températures élevées est en effet
emploi difficile, car elle correspond à des pressions trop c
dérables qui dépassent déjà 15 *atm* pour 200°. On peu
contraire, sans élever la pression, obtenir avec la vapeur
chauffée des températures qui ont été, dans certains appa
jusqu'à 400° et 500°.

Mais c'est surtout comme productrice de force motrice q
vapeur surchauffée présente le plus grand intérêt, et c'es
cette application que je désire vous entretenir aujourd
application qui semble entrer dans la pratique industrielle
suite de l'invention d'un nouveau surchauffeur, le surchau
Uhler.

On en a monté depuis deux ans dans plusieurs usines in
tantes, notamment en Alsace, et les essais qui ont été fait
donné des résultats extrêmement intéressants. Le sujet de
communication est de vous donner la description de cet app
et de vous indiquer les résultats des essais qui en ont été

Plusieurs physiciens ont publié des études sur la vapeur
chauffée, ses propriétés, et les avantages qui peuvent rés

de son application. M. Testud de Beauregard, notamment, recherche depuis de longues années les moyens de surchauffer la vapeur à de très hautes températures et d'utiliser l'énorme force motrice que posséderait ce fluide. Il prétend qu'il y est parvenu et qu'il aurait réussi à trouver un appareil permettant de donner de la vapeur surchauffée à 800°, et une machine pour l'utiliser.

Notre ambition, aujourd'hui, n'est pas si haute ; nous nous bornerons à considérer les avantages qui résultent de l'emploi de la vapeur surchauffée à une centaine de degrés dans les machines à vapeur telles qu'elles existent actuellement, et à vous montrer qu'il peut en résulter industriellement une économie de combustible très notable, ainsi que des essais récents l'ont démontré.

Cette économie résultant de l'emploi de la vapeur surchauffée dans les machines à vapeur n'est pas chose nouvelle ; tous les ingénieurs que cette question intéresse savent que Hirn en a fait la démonstration, il y a une trentaine d'années, dans des expériences restées célèbres, dont il a donné le détail et l'explication théorique dans son traité de la théorie mécanique de la chaleur, qu'un de nos éminents collègues, M. Richard, nous conseillait si justement de lire tout récemment encore.

En ce qui me concerne, je ne puis que remercier M. Richard du conseil qu'il nous a donné et que j'ai suivi.

J'ai lu attentivement tout ce qui avait trait particulièrement à la vapeur surchauffée, et j'ai été frappé de la clarté et de la netteté avec lesquelles les expériences sont exposées, de la sagacité et de la logique des conclusions qui en sont tirées.

Permettez-moi, comme préambule à l'exposé des essais faits avec le surchauffeur Uhler et des résultats obtenus, de vous résumer ce que Hirn a écrit sur la vapeur surchauffée et les avantages qu'il a trouvés à son emploi. Je vous dirai ensuite les causes qui ont fait que, malgré des avantages aussi nettement établis, la question est restée stationnaire pendant de longues années.

Définissons d'abord ce qu'on doit appeler vapeur saturée et vapeur surchauffée.

Une vapeur saturée est un gaz qui se trouve dans un état moléculaire, ou, ce qui est à la fois plus correct et plus significatif, dans un état d'équilibre interne et externe, tel qu'on ne peut, sous une pression donnée, lui enlever de calorique sans qu'une portion du corps ne passe à l'état liquide.

Une vapeur surchauffée est un gaz auquel on peut, au contra soustraire de la chaleur sans le liquéfier.

Une vapeur saturée, soumise à une pression constante, se dense sans changer de température, lorsqu'on lui enlève d chaleur.

Une vapeur surchauffée, soumise aussi à une pression c tante, baisse, au contraire, en température lorsqu'on lui en de la chaleur.

En résumé, la vapeur surchauffée tend à se comporter con un gaz et s'en rapproche d'autant plus que son degré de surcha est plus élevé, c'est-à-dire qu'elle est plus loin de son poin saturation.

On peut admettre que tous les gaz sont des vapeurs surch fées ; certains gaz ont pu être liquéfiés à l'aide d'une pressio d'un refroidissement convenables : tels sont l'acide sulfur l'acide carbonique, le cyanogène, etc., et ils ont pu être am à un point tel, que, sans changer la température, une sous tion de calorique ne produit plus qu'une condensation de plu plus complète.

Les gaz appelés autrefois permanents ne sont que des vap surchauffées considérablement au-dessus du point de saturat et que l'on n'avait pas encore pu amener à ce point par les mo dont on disposait.

Ceci étant établi, passons maintenant à l'effet que produ vapeur surchauffée dans les cylindres de machines à vapeur.

Dans les premières expériences que Hirn fit à ce sujet, il mettait, ce qui paraissait logique au premier abord, comme ré tant de la définition que nous venons de donner, que la vap surchauffée n'abandonnait aux parois du cylindre, en y entr qu'une très petite quantité de chaleur; que cette vapeur était encore au-dessus de son point de saturation après le travail d détente, et que, par conséquent, elle ne pouvait pas donner à des condensations.

Ce n'est qu'au bout de plusieurs années qu'il s'aperçut de erreur et que les parois avaient une influence plus grande en qu'il ne le supposait.

Il avait trouvé, dans ses premières expériences, que le poid vapeur surchauffée réellement, dépensé par coup de piston, plus grand que le poids de vapeur surchauffée obtenu en mu pliant le volume pendant la pleine admission par la densité température considérée. Il en concluait, puisqu'il n'admettait

qu'il pût y avoir des condensations, qu'il devait forcément exister des fuites au piston, et cela lui paraissait d'autant plus probable que, à la haute température à laquelle il opérait, les huiles de graissage employées alors se vaporisaient et donnaient lieu à des grippements.

Ce fut un de ses collaborateurs et un de ses collègues, M. Leloutre, qui lui suggéra l'idée que ce fait était peut-être dû à des condensations partielles pendant l'admission, simulant une fuite.

Pour s'en assurer, Hirn fit construire un piston dans des conditions spéciales qui rendaient toutes fuites impossibles pendant la durée de l'expérience ; il opéra sur des machines à un cylindre, sans enveloppe, de 130 à 150 *chx*, avec de la vapeur surchauffée de 80 à 100°.

Il trouva ce fait frappant et inattendu, c'est que non seulement la totalité de la vapeur introduite pendant l'admission n'était plus surchauffée, mais encore qu'il s'en condensait 6,5 0/0.

Hirn s'assura, par des mesures thermométriques directes, que la vapeur ayant 230° au moment de l'admission, à 5 *atm* de pression, les parois et le couvercle de la machine ont rarement plus de 145°, c'est-à-dire qu'ils ont presque toujours 152 — 145 = 7°, soit 7° de moins que la vapeur saturée à 5 *atm*. Il explique qu'il n'est pas nécessaire, pour que cette condensation ait lieu, que toute la masse de vapeur introduite tombe d'abord de 230° à 145°. Il faut et il suffit que les parties du gaz aqueux *en contact immédiat* avec le métal subissent d'abord cette chute de température; l'épaisseur de la couche gazeuse à refroidir ainsi avant la condensation ne s'élève peut-être qu'à quelques millimètres, tout le restant de la vapeur admise pouvant avoir et ayant même certainement la température d'admission, soit 230° dans le cas particulier. En un mot, dans le cylindre et au *moment de l'admission*, il peut et il doit *ruisseler de l'eau* le long des parois, tandis que l'espace libre peut, au contraire, être plein de vapeur à 230°.

Hirn a calculé, dans le cas de son expérience, que cette condensation de 6,5 0/0, la température de la vapeur surchauffée étant de 231°, donnait aux parois une quantité de chaleur égale à 22,47 calories.

Sur ces 22,47 calories, 3,633 calories étaient données à la vapeur pendant la détente; 2,50 calories étaient perdues par les parois externes, et il reste 16,3 calories pour ce que les parois cèdent à la vapeur ou, pour parler plus correctement, à l'eau qui les recouvre au moment de la condensation.

L'analyse précédente fait ressortir, avec la plus grande clart à un premier point de vue déjà, quel est le mode d'action d surchauffe et d'où dérive l'économie considérable de vapeur et combustible à laquelle elle conduit, comme nous verrons.

On sait que la cause la plus désastreuse de perte de chal dans la machine à vapeur, c'est l'évaporation instantanée de l' qui reste le long des parois des cylindres à la fin de la détente au moment où se fait l'échappement au condenseur. Pour évi la présence si funeste de cette eau, il ne suffit pas du tout fournir simplement aux cylindres de la vapeur sèche, mais sa rée, puisque pendant l'admission il se fait nécessairement dans cylindre une condensation énergique, que réparent les pertes chaleur qu'éprouvent les parois pendant la détente.

L'enveloppe de vapeur évite cette perte au condenseur en ç çant l'eau à s'évaporer pendant la détente. *La surchauffe agit d' façon différente et plus efficace encore ;* elle amène au cylindre excès de chaleur qui subvient aux frais de la détente et qui p vient la condensation d'une quantité trop considérable de vap pendant l'admission.

Pour montrer par des chiffres combien ces différences de c densation sont importantes, il suffira de dire que Hirn estim 40 0/0 en moyenne la condensation de la vapeur dans les cyl dres des machines à vapeur sans enveloppe pendant la période pleine admission, à 20 ou 25 0/0 la condensation dans les m chines à enveloppe, et nous venons de voir que cette condensat était réduite à 6,5 0/0 avec la vapeur surchauffée.

Donc, si la vapeur surchauffée, contrairement à ce qu'on p vait croire d'abord, donne lieu dans les cylindres à des cond sations, elles sont bien moindres qu'avec l'emploi de la vap saturée dans les machines sans enveloppe et même avec en loppe.

Quelle est l'influence de ces condensations sur la perte de c leur occasionnée par la vaporisation instantanée due à la comm nication du cylindre avec le condenseur ?

Pour cela, Hirn a comparé la machine marchant avec surchau avec la même machine marchant sans surchauffe, et il les ramè à une même somme de travail externe total. Sans surchauffe, travail s'élevait à 10 050 kilogrammètres. Le sacrifice de chal fait en pure perte au condenseur s'élevait, d'après ses calculs 39,40 calories.

Lorsque, dans des conditions de pression presque semblables

dans des conditions rigoureusement semblables sous tous les autres rapports, la machine marchait avec surchauffe, le travail externe s'élevait à 11 141 *kgm*. A égalité de travail on aurait donc eu pour R_c (chaleur perdue au condenseur) :

$$R_c = 39{,}4^{cal.} \frac{11\,141}{10\,050} = 43{,}7^{cal.}$$

Or, nous avons vu que la vapeur surchauffée ne donnait une perte au condenseur que de 16,3 calories ; cette perte est donc :

$$\frac{43{,}7 - 16{,}3}{43{,}7} = 0{,}62.$$

62 0/0 moindre avec surchauffe qu'avec la vapeur saturée.

Ramenons R_c à la chaleur totale disponible dans les deux cas.

Sans surchauffe, la dépense de vapeur et d'eau entraînée était de 0,3732 *kg* à 46 022 *kg* de pression, soit à 148° à la chaudière. La dépense en chaleur était donc (l'entraînement d'eau étant de 0,01) :

$$0{,}36947\,(606{,}5 + 0{,}305 \times 148) + 0{,}003732 \times 150{,}4^{cal.} = 241{,}3^{cal.}$$

A part toutes les autres pertes de chaleur, celle qui produisait R_c s'élevait ainsi à :

$$\frac{39{,}4}{241{,}3} = 0{,}163,$$

soit 16,3 0/0.

Avec la vapeur surchauffée, la dépense de chaleur était, la dépense de vapeur étant de 0,3065 *kg* à la même température de 148° :

$$0{,}3065\,(606{,}5 + 0{,}305 \times 148) + 0{,}4705\,(231 - 148)\,0{,}3065 = 211{,}9 \text{ calories.}$$

La perte relative ne s'élevait donc qu'à :

$$\frac{16{,}3}{211{,}7} = 0{,}077,$$

soit 8 0/0.

Mais, à un autre point de vue, il résulte de ce que nous venons de dire une autre économie provenant de l'emploi de la vapeur surchauffée.

Sans surchauffe, on a produit 10 050 *kgm* avec 241,32 calories, soit 41,64 *kgm* par calorie ; avec la vapeur surchauffée, on a produit 11 141 *kgm* avec 211,7 calories seulement, soit 52,62 *kgm* par calorie ; on a donc réalisé un avantage de :

$$\frac{52{,}62 - 41{,}64}{52{,}62} = 0{,}21,$$

soit 21 0/0.

Telles sont les raisons théoriques et expérimentales que donne des avantages résultant de l'emploi de la vapeur surc fée.

Mais, pratiquement, ce ne sont pas les seuls; il y en a d'a qui sont aussi très importants.

La quantité d'eau que contient le cylindre à la fin de la p admission ne provient pas seulement de la vapeur condens contact des parois, elle provient aussi de l'eau amenée p vapeur de la chaudière par entraînement et des condensa dans les conduites.

Or, on sait que l'eau entraînée peut atteindre une qua relativement considérable, surtout avec l'emploi des chaudiè faible volume si répandues aujourd'hui; cette quantité peut quelquefois jusqu'à 15 à 20 0/0.

Les condensations dans les conduites dépendent du calor dont les tuyaux sont entourés.

Sans calorifuge, on estime que la condensation est de 4 à par mètre carré de surface de tuyau et par heure; avec entou de calorifuge, elle n'est plus que de 1 *kg* à 0,500 *kg* par m carré de surface de tuyau et par heure. On voit donc que conduite a une grande longueur, la quantité d'eau arrivant le cylindre de ce fait est assez importante. On peut bien e cher en partie cette eau entraînée et condensée d'arriver le cylindre de la machine en mettant sur la conduite des geurs d'eau automatiques; mais, outre que ces appareils souvent d'un fonctionnement qui laisse à désirer, toute la leur contenue dans l'eau entraînée et condensée qu'ils expu est perdue.

Enfin, l'eau dans les cylindres de machines à vapeur est cause de détérioration rapide; si elle est en quantité not elle peut produire des accidents tels que: fonds de cylindres sés; tiges de piston, bielles ou manivelles faussées.

Ces accidents sont surtout à craindre avec les machin grande vitesse, qu'on tend à employer de plus en plus su pour l'éclairage électrique.

En résumé, les avantages que présente la vapeur surcha sont considérables et indiscutables; nous verrons, du reste, la pratique industrielle les a confirmés complètement.

De ce que nous venons de dire on peut conclure dès ma nant que ces avantages seront d'autant plus grands que

qui se produit par condensation dans le cylindre, ou qui y est amenée, est en quantité d'autant plus grande.

Donc la vapeur surchauffée convient surtout aux machines à vapeur dont les cylindres ne sont pas munis d'enveloppes; aux machines très éloignées des chaudières, pourvu que le surchauffeur de vapeur puisse être placé à côté de ces machines; aux chaudières donnant des entraînements d'eau notables soit par suite de leurs dispositions propres, soit parce qu'elles sont forcées.

Les essais dont nous parlerons plus loin ont montré en effet que, dans ces divers cas, l'économie obtenue est considérable.

Comment se fait-il que la vapeur surchauffée dont les avantages ont été mis en évidence par Hirn, il y a plus de trente ans, d'une façon si frappante, soit restée sans application industrielle, ou du moins n'ait donné lieu, jusque dans ces dernières années, qu'à des applications très restreintes en ce qui concerne son emploi aux machines à vapeur?

Il y a à cela plusieurs causes.

La première et la plus importante est que lorsque Hirn fit ses essais (dont les premiers datent de 1855), il rencontra un obstacle qui, à cette époque, était insurmontable: c'est celui résultant du graissage.

On ne connaissait alors que les huiles et graisses végétales ou animales, qui étaient incapables de résister à de hautes températures; à 250° elles se décomposent, et il en résultait des grippements qui rendaient impossible la marche de la machine. On fut donc obligé d'abandonner la vapeur surchauffée, et c'est alors que Hirn fut amené à préconiser les enveloppes de vapeur qui, dit-il, produisent le même effet quoique à un degré moindre que la vapeur surchauffée.

Aujourd'hui l'obstacle du graissage est complètement écarté; l'usage des huiles minérales pour le graissage des cylindres est tout à fait général; or ces huiles résistent très bien à de hautes températures. Des essais que j'ai faits moi-même chez M. Hamelle, avec le concours de l'Ingénieur de cette maison, M. Nettre, m'ont montré que les huiles communément employées pour les cylindres ne commençaient à émettre des vapeurs inflammables qu'à 260° ou 270°. Or, on se contente pour la vapeur surchauffée d'une température de 230° à 240° dans le cylindre de la machine. Il y a donc toute sécurité.

Du reste, ce qui se passe dans la marine le démontre bien; on

a fait des chaudières timbrées à 20 *kg*; cette pression corres
à une température de 214°, et si les chaudières ont eu que
peine à supporter une pareille pression, les machines, grâ
l'emploi des huiles minérales, n'ont pas souffert de cette te
rature élevée. Ce résultat est dû aussi aux perfectionnem
apportés aux appareils de graissage; les graisseurs genre C
lin ou Mollerupt, qui sont maintenant très nombreux et
emploi général, assurent automatiquement le graissage sans
à compter avec la négligence du mécanicien.

L'emploi aussi très répandu des presse-étoupes en métal
amiante écarte également tout inconvénient relatif à l'emplo
la vapeur surchauffée.

La deuxième cause qui retarda l'emploi de la vapeur surc
fée a été la difficulté de trouver un appareil qui permit
réaliser dans des conditions industrielles.

Lorsque Hirn fit ses essais, il employa un serpentin en
dans lequel il faisait circuler la vapeur et qu'il plaçait dan
carneaux de la chaudière, de façon à utiliser la chaleur des
venant du foyer.

Les inconvénients d'un appareil de ce genre sont faciles
sir; il faut d'abord qu'il soit placé le plus près possibl
foyer, pour que les gaz soient assez chauds; pour obten
température voulue, on le mettait généralement au bou
premier carneau. Il arrivait alors que les joints, forcément
nombreux, se détruisaient vite et donnaient lieu à des fu
Enfin il résulte de la mauvaise conductibilité de la vapeur
les couches de vapeur se trouvant directement en contact
la paroi du tube se surchauffent seules à la température vo
tandis que le milieu reste à une température bien inférieu

C'est bien la confirmation de ce que dit Hirn au sujet
condensation de la vapeur surchauffée dans les cylindres
couches de vapeur de quelques millimètres d'épaisseur subi
seules l'influence refroidissante des parois, tandis que le res
la vapeur reste surchauffée. On voit combien la chaleur se t
met difficilement à travers la vapeur.

MM. Thomas et Laurens avaient employé le surchauffeu
Hirn, c'est-à-dire un serpentin en fonte, pour produire de l
peur surchauffée destinée à la revivification du noir ani
frappés de l'inconvénient que nous venons de signaler
avaient introduit dans leurs tubes en fonte un noyau en

également, de façon à forcer toute la vapeur à se maintenir en contact avec les parois chaudes des tubes.

Mais pour obtenir la surface de chauffe nécessaire, cet appareil présentait un volume considérable ; il avait aussi l'inconvénient de presenter des joints trop nombreux.

Jusque dans ces dernières années, les surchauffeurs qui ont été imaginés n'ont donné lieu qu'à des applications restreintes.

Outre les difficultés que nous venons de signaler, il y a encore celle d'assurer la libre dilatation de toutes les parties, sans laquelle l'appareil n'aurait qu'une très courte durée.

M. Uhler, qui connaissait les expériences de Hirn et avait été frappé des avantages considérables qu'on pouvait tirer de la vapeur surchauffée, étudia la question ; après de longues recherches et des essais nombreux, il est parvenu à construire un appareil qui, ainsi que le prouvent les essais qui en ont été faits depuis deux ans environ, paraît bien remplir le but qu'il s'est efforcé d'atteindre.

M. Uhler s'est proposé d'établir un appareil très simple, aussi peu encombrant que possible, dont toutes les parties puissent se dilater librement et chauffant la vapeur par couches de faible épaisseur, de façon que toute sa masse prenne facilement la température des parois avec lesquelles elle se trouve en contact. Voici comment il y est parvenu.

Dans le fond d'une caisse rectangulaire en fonte, séparée en deux compartiments par une cloison horizontale, sont vissés des tubes fermés à leur autre extrémité ; ces tubes en contiennent chacun un autre de plus petit diamètre, ouvert aux deux bouts et vissées dans la cloison de séparation de la caisse. On comprend facilement le fonctionnement de l'appareil. La vapeur saturée venant de la chaudière pénètre par une tubulure dans le compartiment supérieur de la caisse, descend par les petits tubes et remonte par l'espace annulaire, formé entre les grands et les petits tubes, dans le compartiment inférieur d'où elle se rend à la machine à vapeur. On voit que le problème posé a été bien résolu; l'appareil est simple, la surface de chauffe est considérable sous un petit volume, les dilatations peuvent se faire librement et la vapeur est surchauffée sous une faible épaisseur, qui est celle de l'espace annulaire comprise entre le grand et le petit tube.

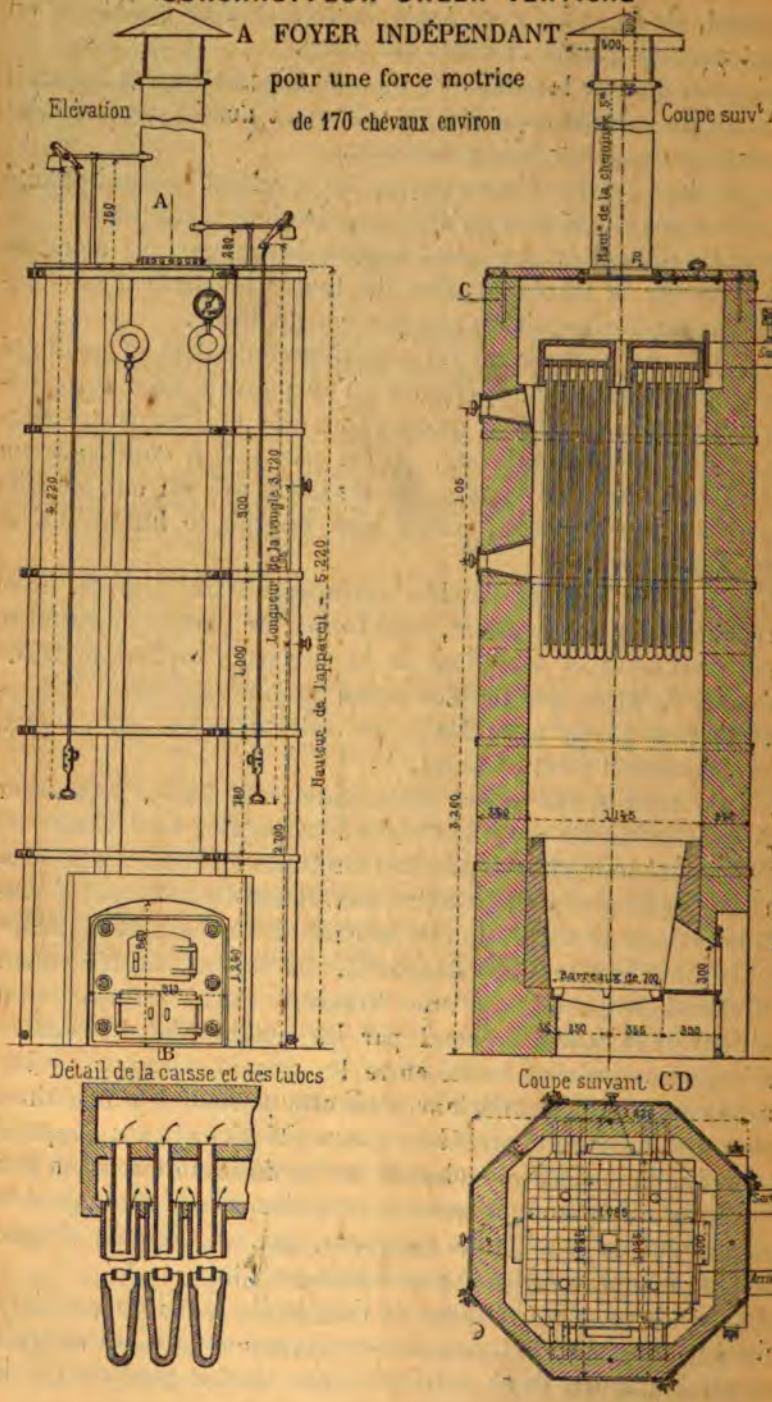
Au début, pour le chauffage de l'appareil, M. Uhler eut l'idée, qui est venue naturellement à tous ceux qui ont voulu construire des surchauffeurs, de se servir des gaz chauds produits par les

SURCHAUFFEUR UHLER VERTICAL

A FOYER INDÉPENDANT

pour une force motrice

de 170 chévaux environ



foyers des chaudières à vapeur, dont une notable proportion de la chaleur est inutilisée. Il plaça en conséquence son appareil dans les carneaux des chaudières ; afin que les gaz soient assez chauds pour donner la chaleur nécessaire, il faut que le surchauffeur soit placé à l'extrémité du premier carneau.

On voit tout de suite qu'il y a plusieurs inconvénients : d'abord, si peu de place que prenne l'appareil, il faut encore qu'il y en ait une suffisante à l'extrémité du premier carneau et la disposition de beaucoup de chaudières existantes empêche de trouver cet emplacement; il faut, pour placer l'appareil, démolir une partie de la maçonnerie et par conséquent mettre la chaudière en chômage, ce qui est difficile dans certaines industries; pour une batterie de plusieurs chaudières, il faut forcément un appareil par chaudière; enfin, il faut que la machine à vapeur soit peu éloignée de la chaudière, car la température de la vapeur surchauffée s'abaisse rapidement et on ne peut lui faire parcourir qu'une faible distance pour qu'à son arrivée dans le cylindre elle soit encore à une température suffisante.

Tous ces inconvénients, qui furent révélés par la pratique, amenèrent M. Uhler à imaginer un surchauffeur à foyer indépendant. L'ensemble de la caisse et des tubes, tel que nous l'avons décrit, est enfermé dans une enveloppe en maçonnerie, et dessous se trouve une grille sur laquelle on brûle le combustible nécessaire pour produire la chaleur voulue. Suivant la place dont on dispose, les tubes sont verticaux ou horizontaux. Dans le premier cas, l'appareil a la forme, extérieurement, d'une chaudière verticale: il tient peu de place en plan, il est tout en hauteur. Dans le deuxième cas, sa hauteur est bien moindre et il tient plus de place en plan.

Les avantages du surchauffeur à foyer indépendant sont les suivants :

Il peut s'employer avec n'importe quelle chaudière, puisqu'il en est tout à fait séparé ;

Il se monte sans être obligé de mettre la chaudière et, par conséquent, l'usine en chômage ;

Il se raccorde avec la conduite principale de vapeur au moyen de deux tubulures d'arrivée et de sortie. Un jeu de robinets permet de l'isoler et d'envoyer directement la vapeur de la chaudière à la machine, s'il y a quelques réparations à faire : donc pas de chômage possible ;

Un seul surchauffeur suffit pour une batterie de plusieurs ch
dières ;

On peut le mettre près des machines, de façon que la va
surchauffée n'ait qu'un très petit parcours à faire pour y arriv

Enfin, on est maître de la température dans certaines lim
en activant plus ou moins la combustion dans le foyer.

Un thermomètre à cadran, placé sur le tuyau de sortie d
vapeur surchauffée, permet au mécanicien de contrôler à cha
instant la température et de la régler en manœuvrant un reg
placé dans la cheminée par laquelle s'échappent les gaz.

L'expérience a prouvé qu'on maintenait ainsi facilemen
température au degré voulu

La quantité de chaleur à fournir à la vapeur pour se surcha
est faible en comparaison de celle qui est absorbée par la va
pour passer de l'état d'eau à l'état de vapeur.

La capacité calorifique de la vapeur surchauffée n'est en
que de 0,480, c'est-à-dire que pour porter 1 *kg* de vapeu
150° à 250° il faut 0,480 (250-150) = 48 calories, tandis que
transformer de l'eau prise à 0° en vapeur à 150° il faut :

$$606{,}5 + 0{,}305 \times 150 = 652{,}25 \text{ calories.}$$

Il ne faut donc, pour surchauffer la vapeur de 100°, qu
faible quantité de chaleur, soit 7,3 0/0 de celle nécessaire
transformer l'eau en vapeur. C'est ce qui explique que, mêm
dépensant du combustible pour la produire, la vapeur surcha
donne encore des économies notables.

Les premiers surchauffeurs Uhler dont il a été fait usa
Paris étaient des appareils placés dans les carneaux. Les in
triels qui les ont employés en ont retiré des économies qu
raissent considérables, mais comme je n'ai connaissance
cun essai fait dans les conditions d'exactitude et de con
suffisants, les chiffres qui m'ont été donnés ne peuvent
considérés que comme approximatifs et je préfère ne pas
citer ici.

Le premier surchauffeur à foyer indépendant construit à Pa
été monté il y a près de deux ans, chez nos collègues MM. Mull
Roger ; il est horizontal. MM. Muller et Roger ont bien voulu me
muniquer le procès-verbal des essais qui ont été faits par M.
père, Ingénieur-directeur de l'Association parisienne des pro
taires d'appareils à vapeur. L'installation se compose de
chaudières système Dulac et d'une machine à vapeur Co
Lecouteux et Garnier, d'une force moyenne de 100 *ch.*

L'économie trouvée a été en vapeur de 28,5 0/0; en charbon de 25,7 0/0.

Mais c'est surtout en Alsace où il a été fait des applications nombreuses et importantes du surchauffeur Uhler à foyer indépendant. Notre éminent collègue M. Walther-Meunier, Ingénieur en chef de l'Association Alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur, a fait pendant les années 1890 et 1891 des expériences sur des surchauffeurs installés dans neuf usines.

Les résultats des deux premières faites en 1890 sont donnés en détail dans le *Bulletin* annuel de l'Association Alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur de 1890.

Dans la première expérience, la vapeur était fournie par deux chaudières à bouilleurs de 53 m^2 de surface de chauffe chacune, soit 106 m^2.

L'eau d'alimentation passait par un réchauffeur Green de 192 tubes. Le moteur était du système horizontal compound à 4 tiroirs, de 300 *ch* en moyenne.

L'économie trouvée fut : pour la vapeur de 19,80 0/0, pour la houille de 16 0/0.

Le poids de houille brûlé dans le surchauffeur est 10 0/0 de celui brûlé sous la chaudière fonctionnant sans surchauffeur.

M. Walther-Meunier fait remarquer que le surchauffeur étant monté en plein air, sans revêtement, était dans des conditions défavorables.

Dans la deuxième expérience, les chaudières, au nombre de 6, étaient du type ordinaire à trois bouilleurs donnant 252 m^2 30 de surface de chauffe avec rechauffeur Green de 416 tubes, alimentant une machine horizontale jumelle de 500 *ch* à 4 tiroirs. On marcha avec 5 et 7 chaudières.

L'économie se résume comme suit :

	Houille.	Vapeur.
Avec 7 chaudières en marche	22,11 0/0	26,14 0/0
— 5 — —	25,85 0/0	29,82 0/0

La quantité de charbon brûlée dans le surchauffeur est de 8,9 0/0 de celle brûlée dans les chaudières.

Les sept autres expériences ont été faites en 1891 et M. Walther-Meunier en a donné les résultats dans un rapport qui a été publié dans le *Bulletin* de la Société industrielle de Mulhouse d'octobre-novembre 1891.

Dans la première de cette nouvelle série d'expériences, la peur était fournie par 3 chaudières à bouilleurs du type ordi desservant deux machines Woolf à balanciers jumelles de 4 environ.

Leur surface de chauffe était de 128 55 m^2; elles étaient mu d'un réchauffeur Green de 160 tubes.

L'économie de vapeur fut de 22,39 0/0.

On n'avait pas, dans cette expérience, à déterminer l'écon de houille.

Dans la deuxième les chaudières à bouilleurs, au nombre desservaient deux machines Woolf à balancier anciennes de 2 Leur surface de chauffe était de 138 60 m^2; elles étaient mu d'un réchauffeur Green de 192 tubes.

L'économie de vapeur fut trouvée de 30 0/0, l'économi houille de 27 0/0.

La quantité de houille brûlée dans le surchauffeur es 7,76 0/0 de celle brûlée dans la chaudière.

Dans la troisième expérience les chaudières à bouilleur nombre de 3, alimentaient une machine Woolf à balanciers de 3

La surface de chauffe était de 159 m^2.

L'économie réalisée fut pour la vapeur de 22,75 0/0 et po houille de 22,12 0/0.

Dans la quatrième expérience, les chaudières à bouilleur nombre de 4, desservaient deux machines Woolf à balan de 450 *ch* environ. La surface de chauffe était de 190 et elles étaient munies de réchauffeurs Green de 224 tube

L'économie fut trouvée :

Pour la vapeur de 19,32 0/0, et pour la houille de 25,59 la quantité de houille brûlée dans le surchauffeur est de 6,3 de celle brûlée dans les chaudières.

Dans la cinquième expérience, la batterie de générateu composait de trois chaudières à bouilleurs du type ordin d'une chaudière Belleville pourvue d'un détenteur de vape d'un réchauffeur Green desservant les chaudières à bouilleu

La chaudière Belleville avait 105 60 m^2 de surface de chau

Les trois chaudières à bouilleurs avaient 168 m^2 de surfa chauffe.

Le réchauffeur Green avait 192 tubes.

Les machines se composaient de deux machines Woolf à b ciers jumelles avec détente variable aux petits cylindres et

voir entre le petit et le grand cylindre ; leur puissance était de 533 *ch.*

L'économie réalisée par la surchauffe a été :

Pour la vapeur.	23 0/0
Pour la houille.	23,40 0/0

La quantité de houille brûlée dans le surchauffeur est de 6,6 0/0 de celle brûlée dans la chaudière.

Dans la sixième expérience, il s'agissait de deux chaudières de Nœyer avec réchauffeurs de même construction desservant une machine compound à condensation horizontale système Frikart, de 555 chevaux.

Les chaudières avaient 316 m^2 de surface de chauffe.

Le réchauffeur avait 210 m^2 — —

L'économie fut de :

Pour la vapeur	20,58 0/0
Pour la houille	17,88 0/0

La quantité de charbon brûlée dans le surchauffeur est de 9,6 0/0 de celle brûlée dans les chaudières.

Dans la septième expérience, les chaudières à bouilleurs étaient au nombre de quatre, avec un réchauffeur Green, mais qui dut être arrêté à la même heure chaque jour, à cause d'un accident à l'alimentation.

La surface de chauffe était :

Marche avec surchauffe.	143,40 m^2
Marche sans surchauffe.	186,40 m^2

La puissance développée par la machine du système Woolf à balancier était de 330 *ch* environ.

L'économie réalisée fut de :

Pour la vapeur	27,2 0/0
Pour la houille	25,» 0/0

La quantité de charbon brûlée dans le surchauffeur était de 6,8 0/0 de celle brûlée dans la chaudière.

« En résumé, dit M. Walther-Meunier, au point de vue des » générateurs, l'emploi de la surchauffe donne les résultats sui- » vants :

» Meilleure utilisation du combustible, par augmentation de » rendement, résultant notamment de la moins grande fatigue » des chauffeurs ;

» Meilleure conservation de la chaudière, par suite de la

» moindre quantité de houille brûlée et de vapeur produite
» heure et mètre carré de surface de chauffe.

» Au point de vue économique, on voit que généralem
» *l'application de la surchauffe a permis d'arrêter une chaudière*
» *quatre.* »

Nous ajouterons qu'il résulte des expériences rapportées
dessus que la quantité de charbon brûlée dans les surchauffe
est en moyenne de 8,2 0/0 de celle brûlée dans les foyers
chaudières, avec marche sans surchauffe, chiffre qui se r
proche beaucoup de celui de 7,3 0/0 que nous avons tro
comme rapport entre la quantité de chaleur à fournir à la vap
pour la surchauffer de 150° à 250°, et celle à fournir à l'eau p
la transformer en vapeur à 150°.

Au point de vue des machines, M. Walther-Meunier dit d
son rapport : « Aucun inconvénient n'a été observé dans
» marche des moteurs avec vapeur surchauffée, avec emploi
» garnitures métalliques aux presse-étoupes et d'huile de bo
» qualité pour le graissage des cylindres. Les frais de cette c
» ration sont les mêmes que pour la marche sans surchauffe a
» lubrifiant moins cher, car la consommation du bon produit
» moindre.

» Le rôle de l'enveloppe de vapeur est notablement dimin
» il est plutôt défavorable pendant la marche puisque la surf
» de refroidissement est augmentée. Pour tous les moteurs ex
» rimentés, on ne met de la vapeur dans l'enveloppe que p
» chauffer les cylindres avant la mise en train et on ferme
» communication dès que le régime est établi.

» En résumé, dit M. Walther-Meunier, et comme conclus
» générale de ce que nous avons eu l'honneur d'exposer, n
» devons dire que l'application de la surchauffe, telle qu'ell
» été faite depuis un an et demi dans nos régions (l'Alsace
» l'est de la France) n'ayant donné que des résultats satisfaisan
» *nous pouvons en recommander l'emploi.* Il y aura toujours une c
» taine économie réalisée, dont le chiffre dépend beaucoup
» la production de la vapeur pour les générateurs et du mode
» construction de la machine à vapeur. »

Je crois, Messieurs, que ce qui précède prouve, autant qu'il
possible de le faire, théoriquement et expérimentalement, que
vapeur surchauffée présente comme force motrice des avanta
sérieux, et qu'il est permis de considérer le surchauffeur Uh

comme pouvant les réaliser d'une façon pratique et industrielle.

Il me reste à vous dire quelques mots sur les matériaux employés à la construction du surchauffeur Uhler.

Comme je vous l'ai dit plus haut, la plupart des surchauffeurs de vapeur, par suite de leurs dispositions défectueuses, devaient être soumis à des températures très élevées pour arriver à surchauffer à la température voulue toute la masse de vapeur, d'où il résultait que ces appareils étaient vite détruits.

Au contraire, le surchauffeur Uhler étant disposé pour utiliser la chaleur dans les meilleures conditions possibles, il n'est pas nécessaire d'avoir une très haute température pour obtenir le résultat voulu, d'où plus longue durée des matériaux qui le composent.

Au début, M. Uhler avait employé des tubes à simple rapprochement, de qualité ordinaire comme métal ; il était évident que ces tubes, soumis extérieurement à une température assez élevée et intérieurement à une pression égale à celle de la vapeur de la chaudière, étaient dans de fort mauvaises conditions de résistance et ils finissaient par s'ouvrir suivant la section de rapprochement.

On emploie maintenant des tubes en fer d'une qualité spéciale, soudés à recouvrement, d'une épaisseur de 5,5 *mm* et renforcés à l'extrémité, qui est plus fatiguée, de trois millimètres sur 10 centimètres de hauteur, si bien que dans cette partie l'épaisseur est de 9 millimètres.

Avec de pareils tuyaux, qui sont essayés à 50 atmosphères, on n'a pas à craindre que des fentes se produisent, ni qu'ils se brûlent. Du reste, ainsi que l'explique M. Walther-Meunier, la paroi intérieure des tubes est toujours ruisselante d'eau produisant un rafraîchissement qui les empêche par conséquent de se brûler.

Notre collègue M. Compère nous a soumis récemment un travail des plus intéressants sur les tubes à recouvrement destinés aux chaudières multi-tubulaires, tubes qui sont analogues, sauf une moindre épaisseur et un plus grand diamètre, aux tubes employés pour le surchauffeur Uhler. Il a indiqué d'une façon précise et complète les conditions auxquelles ils devaient satisfaire et la façon de les contrôler au point de vue de la qualité du métal et de leur fabrication. Leur emploi présente donc maintenant toutes les garanties désirables.

Dans le cas où il y a un tube à remplacer, ce travail se fait facilement, les tubes n'étant que vissés ; leur partie inférieure se

termine par une partie carrée et avec une clef à douille on dévi aisément le tube.

Disons, pour terminer, que la vapeur surchauffée s'appliqu beaucoup d'autres usages qu'à la force motrice ; on l'emploie p la distillation des huiles lourdes, des acides gras, à la fabricat des briquettes, à la fusion du brai de goudron, à la revivificat du noir animal, etc.

Nous avons donc pensé qu'il était intéressant de vous par d'un appareil, qui a déjà fait ses preuves et qui peut être source pour l'industrie d'une économie notable dans la prod tion du cheval-vapeur.

COMMUNICATION

SUR

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES GARES DE CHEMINS DE FER

PAR

M. Georges DUMONT

AVEC LA COLLABORATION DE

M. Gustave BAIGNÈRES

AVANT-PROPOS

Les applications de l'électricité à l'éclairage et à la transmission de l'énergie se développant chaque jour davantage, les ingénieurs, quelle que soit leur spécialité, ont besoin de dresser des avant-projets ou tout au moins de pouvoir contrôler les projets qui leur sont soumis par des électriciens.

En effet, s'il s'agit, par exemple, d'éclairer un atelier, un port, une gare de chemin de fer, etc., il appartient à l'Ingénieur chargé des travaux de comparer tout d'abord, au point de vue du prix de revient, la dépense annuelle d'éclairage qui résultera de l'emploi du gaz ou de l'électricité, pour ne parler que des deux modes d'éclairage les plus répandus. Ce n'est qu'après avoir fait cette comparaison destinée à fixer son choix entre les deux solutions, qu'il s'adressera aux spécialistes pour avoir des devis détaillés ne s'écartant pas beaucoup des évaluations de son avant-projet.

Ayant fait cette étude sommaire préalable, il pourra alors discuter en connaissance de cause tous les détails du projet définitif qui lui sera soumis.

Malheureusement beaucoup d'Ingénieurs qui n'ont pas fait

une étude approfondie de l'électricité, s'exagèrent la difficu
ces études sommaires d'avant-projets. Le but de cette no
d'indiquer la marche à suivre pour dresser un avant-
d'éclairage électrique avec applications aux gares de chem
fer.

La méthode est générale et n'implique d'autres connaiss
en électricité que les notions suivantes :

Un courant électrique est caractérisé par son intensité ou
tité d'électricité qui s'écoule par seconde et la tension qui
mine l'écoulement.

L'unité d'intensité est l'ampère.

L'unité de tension est le volt.

Ainsi un foyer électrique quelconque a besoin, pour fonct
dans les conditions normales, d'une certaine quantité d'élec
(exprimée en ampères) qui lui est livrée sous une certain
sion (exprimée en volts). Par exemple, un foyer à arc volt
exigera, pour donner une puissance lumineuse de 40 carcels,
pères à une tension de 50 volts aux bornes de l'appareil.

Veut-on connaître maintenant à quelle quantité d'énergie
trique correspond la fourniture de ces 8 ampères sous la te
de 50 volts ? On fera le produit de ces deux quantités, c
donnera un nombre de watts. Et, comme l'énergie électriqu
que l'énergie mécanique transformée, on aura immédiat
la valeur en chevaux-vapeur de cette énergie électrique
visant le nombre de watts par 736 (736 watts équivalent à

Dans le cas considéré, nos 400 watts équivalent à $\frac{400}{736} =$
cheval-vapeur.

Il faudrait donc dépenser une force mécanique de 0,
pour produire l'énergie électrique nécessaire à la puissan
mineuse de 40 carcels, si on ne tenait pas compte des perte
à la transformation de l'énergie mécanique en énergie élec
et des pertes de tension résultant de la résistance (1) qu'ép
l'électricité à circuler dans le conducteur qui réunit la
d'électricité au foyer.

Les pertes d'énergie dues à la transformation représente
tant pour cent du nombre de watts à fournir, lequel est fo
du rendement de la dynamo et du rendement du moteur
fait tourner.

Quant à la perte de tension, ou perte de charge, qui résu

(1) Cette résistance s'évalue à l'aide d'une unité électrique appelée Ohm.

la résistance opposée à l'écoulement de l'électricité dans les conducteurs, elle dépend de la nature de ces conducteurs, de leur diamètre et de leur longueur ; elle peut donc être choisie d'avance et le calcul des conducteurs en dépend.

Si, pour fixer les idées, on doit fournir à des foyers électriques une intensité totale de 1 400 ampères sous une tension de 50 volts, si enfin on admet dans le réseau de distribution une perte de tension ou perte de charge de 15 volts, il faudra fournir à ce réseau un courant électrique de 1 400 ampères sous une tension de $50 + 15 = 65$ volts, soit $1\,400 \times 65 = 9\,100$ watts $= 12{,}3$ *ch*.

On utilise donc $1\,400 \times 50 = 7\,000$ watts qui sont transformés en lumière et on perd $1\,400 \times 15 = 2\,100$ watts, soit 23 0/0 de l'énergie par la résistance opposée, par les conducteurs ; cette énergie perdue est transformée en chaleur qui élève la température des conducteurs.

Ayant calculé la quantité d'énergie à fournir au réseau, il n'y aura plus qu'à la majorer de la quantité correspondant aux pertes de transformation tant de la dynamo que de son moteur pour connaître l'énergie mécanique dont il faut disposer et pour calculer, par suite, la dépense de l'éclairage.

Ajoutons que la détermination de la section des conducteurs implique, dans la méthode que nous donnons, la seule connaissance de la longueur des conducteurs, de la perte de charge consentie en volts et du nombre d'ampères à laisser passer. Cette section est donnée, en effet, par l'application d'une formule qui tient compte de la résistance opposée par le cuivre au passage de l'électricité.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES GARES

L'éclairage électrique est devenu absolument pratique dep quelques années déjà, par suite des améliorations apportées dynamos qui produisent l'énergie électrique et aux lampes, à et à incandescence, qui la transforment en lumière. Il en rés que ce mode d'éclairage est appliqué partout où il est nécess d'avoir une grande quantité de lumière, ainsi que le cas se p sente, en particulier, dans certaines parties des gares.

Les enseignements de la pratique permettent de donner m tenant des indications sur la nature, la puissance et le nombr foyers électriques à installer dans tels ou tels locaux ou parties gares pour satisfaire aux besoins du service, la marche à sui pour dresser un avant-projet et évaluer le prix de revient d chaque cas.

CHOIX DU SYSTÈME DE DISTRIBUTION

Deux grands systèmes sont en présence pour la distribution courant électrique :

Le système à courant continu et le système à courants alter tifs, comprenant chacun plusieurs variantes.

L'un et l'autre de ces systèmes conduit à de bonnes dispositi pour l'éclairage et son choix dépend des conditions locales, prix de premier établissement et d'exploitation.

Dans la plupart des cas, ce sera le courant continu à basse sion (de 65 à 220 volts) qui devra être adopté pour l'éclairage gares puisque les lampes à alimenter seront réparties dans rayon peu étendu autour de l'usine.

Dans certains cas on pourra être amené à faire usage de c rants alternatifs à haute tension, par exemple lorsqu'il s'ag d'utiliser l'énergie produite dans une usine électrique éclair une gare pour desservir un groupe de lampes situées à grande distance de cette usine. Ce cas se présentera notamm

lorsque ce groupe de lampes éclairera un *triage* situé à 2, 3, 4 *km* ou plus de la gare dont il dépend et que le nombre de foyers à installer pour ce triage ne légitime pas la création d'une usine spéciale.

Enfin, c'est tout à fait exceptionnellement que l'on sera conduit à utiliser la force d'une chute pour l'éclairage d'une gare : dans la presque totalité des cas, c'est aux moteurs à vapeur ou aux machines à gaz que l'on aura recours pour faire tourner les dynamos.

Les deux systèmes de distribution par courant continu sont, en ce qui concerne le montage des lampes :

1° *Le système en tension ou en séric;*
2° *Le système en dérivation.*

Le premier, le plus simple à établir, ne fait usage tout le long du circuit que de fil de même section et n'exige pas de tenir compte des positions relatives des différents foyers par rapport à la dynamo; il suffit, pour déterminer la section du conducteur, de connaître la perte de charge (en volts) que l'on consent, l'intensité du courant (en ampères) absorbée par le type de foyer que l'on veut employer et la longueur totale du circuit. Les lampes doivent être toutes de même puissance.

Ce système de distribution conviendra dans certains cas, par exemple, pour l'éclairage des gares de triage au moyen de lampes à arc placées à grande distance de la dynamo.

Il conviendra de ne pas dépasser pour une distribution de ce genre une tension de 1 000 à 1 500 volts.

Le deuxième système, qui est le seul pratique pour l'incandescence, convient pour l'arc voltaïque quand le nombre des foyers à alimenter par la même dynamo est considérable, quand les espaces à éclairer sont agglomérés, quand on a besoin de foyers d'intensités variables, quand les lampes doivent s'allumer indépendamment les unes des autres, quand enfin on veut demander à la dynamo de desservir en même temps des lampes à arc et des lampes à incandescence, toutes conditions que doit remplir un éclairage électrique de gare.

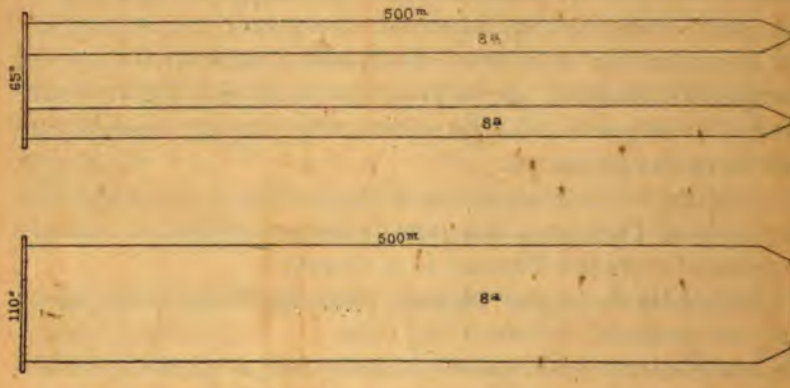
La tension la plus avantageuse pour un éclairage en dérivation est de 110 à 120 volts. Dans ce cas, les lampes à arc fonctionnant sous une tension de 45 à 50 volts aux bornes peuvent être disposées par groupes de deux en série, ce qui permet de réaliser une économie dans le poids du cuivre des conducteurs comparative-

ment au système de montage de ces lampes en dérivation simp
système qui nécessiterait une tension de 65 volts seuleme
Chaque groupe de deux lampes en série exigeant une tensi
de $45 \times 2 = 90$ à $50 \times 2 = 100$ volts, on pourra adopter u
tension de 110 à 120 volts pour le courant de distribution, en
servant 20 volts pour la perte de charge en ligne, et, dans
conditions, on pourra employer un conducteur de section b
moindre que dans le cas de la distribution en dérivation simp

Les deux chiffres suivants permettent de se rendre compte
l'importance de cette économie.

Exemple. — Soient deux lampes à arc absorbant 8 ampè
chacune sous une tension de 45 volts et éloignées de 500 *m*
tableau de distribution.

Si ces lampes sont placées en dérivation simple, comme l'i
dique le croquis ci-dessous, et si nous admettons une perte



charge de 20 volts, la section des conducteurs devra être
0,85 mm^2 par ampère, et, comme il passe 8 ampères dans chaq
dérivation, la section des conducteurs sera de $8 \times 0,85 = 6,80$ *m*

On aura ainsi un fil de 3 *mm* de diamètre. Le poids total
cuivre sera de $0,063\ kg \times 4 \times 500 = 126\ kg$.

Si ces deux lampes sont disposées en série sur une seule dé
vation et que la perte de charge admise soit également de 20 vol
la section des conducteurs sera de 6,80 mm^2 et le poids total
cuivre sera deux fois moins élevé que dans le cas précédent.

On réalisera donc une économie de 63 *kg* de cuivre qui,
3 / le kilog, représente une somme de 189 *f*.

Avec une distribution à 110 ou 120 volts de tension aux born

de la dynamo, on peut employer des lampes à incandescence fonctionnant à 100 volts (tension habituellement nécessaire pour les lampes du commerce) et il reste 10 ou 20 volts pour la perte de charge en ligne.

Cette perte de charge, qui est déterminée arbitrairement et *à priori*, dépend, bien entendu, des circonstances locales ; plus elle est considérable, plus on peut réduire le coût de la canalisation, mais, par contre, plus on augmente l'énergie perdue dans la canalisation et par suite les frais d'exploitation. Il convient donc de rechercher, dans chaque cas, si l'intérêt et l'amortissement du capital économisé, par suite de la réduction du diamètre des fils conducteurs, représentent une somme supérieure, inférieure ou égale à celle de l'énergie (en watts) perdue dans cette canalisation, et c'est lorsque cette égalité sera obtenue que l'on se trouvera dans les conditions théoriquement les plus avantageuses. Nous donnerons plus loin un exemple de ce genre de calcul. (Voir *Exemples de calculs de canalisations*. — (Exemple n° 1, page 313.)

En restant dans des limites raisonnables pour le poids de cuivre de la canalisation, le système de distribution par dérivation à 110 volts permet d'alimenter des foyers répartis dans un rayon de 670 à 700 *m* autour de l'usine ; or, comme cette dernière peut le plus souvent être placée vers le milieu de la gare et que la distance entre les aiguilles d'entrée et de sortie ne dépasse pas généralement 1 400 *m*, on se trouvera dans de bonnes conditions en adoptant ce mode de distribution.

S'il s'agit d'éclairages très importants dans des gares d'une grande superficie et très longues, on pourra augmenter le rayon de la distribution en adoptant le système de dérivation à deux fils avec feeders qui permet d'aller jusqu'à 1 000 ou 1 100 *m*, ou le système de dérivation à 3 fils qui permet d'atteindre un rayon de 1,100 *m*, ou enfin, le système de dérivation à 3 fils et feeders qui permet d'alimenter des foyers distants de 1 600 à 1 800 *m* de l'usine.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LE CHOIX ET LA RÉPARTITION DES FOYERS DANS L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE D'UNE GARE

Pour l'éclairage électrique d'une gare, il convient de rejeter toutes les lampes à arc d'un réglage difficile et d'un mécanisme délicat ; la fumée et les escarbilles provenant des locomotives

pourraient, en effet, avoir une action fâcheuse sur le fonctionnement des foyers.

Les lampes à arc de faible intensité donnant une mauvaise utilisation de l'énergie dépensée au point de vue du rendement lumineux, il convient de ne pas admettre des foyers de moins de 5 ampères.

Les lampes de 8 à 12 ampères, donnant respectivement une intensité lumineuse de 40 et de 100 carcels, sont les plus avantageuses.

Au point de vue de l'éclairage, nous pouvons classer les différentes parties d'une gare en six catégories :

1° Bâtiment des voyageurs et dépendances ;
2° Bâtiments affectés au service des marchandises ;
3° Voies et gares de triage ;
4° Dépôts de machines et dépendances.

1. — Bâtiment des voyageurs et dépendances.

Salle des Pas-Perdus. — Dans les gares d'une certaine importance, la salle des Pas-Perdus est ordinairement assez vaste et élevée de plafond ; ses dimensions, en surface, varient de 3 à 200 m^2. Un foyer de 5 ampères (20 carcels utiles), de 12 ampères (100 carcels) suffiront dans le premier et le deuxième cas ; la lumière fournie étant respectivement de 6,6 bougies et 5 bougies par mètre carré.

Les figures 7 et 9 *(Pl. 57)* donnent les plans de deux gares dont les vestibules ou salles des Pas-Perdus sont éclairés de cette façon.

Salles d'attente. — Les salles d'attente doivent avoir un éclairage suffisant pour permettre de lire.

Dans la plupart des grandes gares, les salles des 1re, 2e et 3e classes sont séparées par des cloisons de 2,50 *m* de haut environ. La salle des 3e classe est, en général, aussi vaste que celles des 1re et 2e réunies ; on pourra assurer, dans ce cas, un très bon éclairage en disposant, suivant les dimensions des salles, un foyer à arc de 5 ou de 8 ampères à l'aplomb de la cloison séparatrice des 1res et des 2es, et un autre foyer pour l'éclairage des 3es.

La figure 7 *(Pl. 57)*, donne le plan d'un bâtiment de gare

moyenne importance où les salles d'attente S sont séparées par une cloison basse.

La surface totale de ces deux salles est de 40,35 m^2. Avec un foyer de 5 ampères (20 carcels) placé au milieu, on donnera 5 bougies par mètre.

La salle d'attente des 1res occupant une pièce séparée sera éclairée par un lustre de 2 à 4 lampes à incandescence de 10 à 16 bougies, suivant les dimensions du local.

La figure 9 *(Pl. 57)* donne le plan d'une gare importante où les trois salles d'attente S, séparées par des cloisons basses, occupent une surface de 324 m^2. Trois lampes à arc de 8 ampères (40 carcels chaque), disposées comme l'indique le plan, donneront 3,40 bougies par mètre carré, ce qui est bien suffisant.

Salles de bagages. — Dans les salles de bagages, il convient de placer les foyers au-dessus des comptoirs. La figure 7 *(Pl. 57)* donne le plan d'une gare de moyenne importance où la salle des bagages B (enregistrement) occupe une surface de 24 m^2. Un foyer de 5 ampères (20 carcels) placé au centre donnera une lumière de 8,33 bougies par mètre carré, plus que suffisante pour permettre les opérations de pesage, étiquetage des colis, etc.

La figure 9 *(Pl. 57)* donne le plan d'une gare importante où la salle des bagages au départ, B, occupe une superficie de $21 \times 12 = 252$ m^2. La présence d'un bureau situé au milieu de cette salle oblige à y placer deux lampes à arc de 8 ampères (40 carcels) qui procureront une lumière de 3,17 bougies par mètre carré, ce qui est encore largement suffisant. La salle des bagages à l'arrivée B, de cette même gare a une surface totale de 288 m^2; elle serait donc suffisamment éclairée par deux foyers de 8 ampères, mais comme elle est coupée par des cloisons percées d'arcades, on est obligé d'y placer trois foyers de 8 ampères. Les circonstances locales obligent, comme on le voit, dans certains cas, à augmenter la quantité de lumière à donner par mètre carré de surface.

Enfin la figure 2 *(Pl. 57)* donne le plan d'une grande salle de bagages B de $47\ m \times 16\ m = 750\ m^2$ qui est fort bien éclairée par 6 lampes de 5 ampères (20 carcels) placées en quinconce, au-dessus des tables, comme le montre le croquis. Chaque lampe éclaire une surface de 107 m^2; la lumière fournie est donc de 1,86 bougies, ce qui est largement suffisant parce que les foyers éclairent surtout les comptoirs à bagages, lesquels reçoivent ainsi une plus grande quantité de lumière que celle indiquée ci-dessus

comme moyenne. Des lampes de plus grande intensité lumin auraient l'inconvénient de produire des ombres portées gêna pour le service de reconnaissance des bagages. Dans les gra salles de bagages à l'arrivée, on a reconnu qu'il y avait in à diviser la lumière autant que possible, et l'emploi des arc 5 ampères se trouve ainsi tout indiqué.

Bureau d'enregistrement des bagages. — Le bureau d'enregi ment des bagages, qui donne dans la salle des bagages, est oc par des facteurs chargés de toutes les écritures relatives aux e ditions en grande vitesse. Une lampe à incandescence de 10 gies montée sur un support mobile pourra être affectée à ch employé et remplacer le bec de gaz ou la lampe à pétrole qu éclaire ordinairement.

Bureaux de la gare. — Les bureaux de la gare occupés p chef, les sous-chefs de gare, les employés du matériel, le graphe, les agents de distribution de billets, les surveillant commissaire de surveillance, etc., devront être éclairés ave lampes à incandescence de 10 ou de 16 bougies, portative fixes suivant les besoins.

Cabinets d'aisance. — Les cabinets d'aisances seront suffisam éclairés par des lampes à incandescence de 10 bougies disp au-dessus des cloisons séparatives, ainsi que le montre la fig *(Pl. 57)*, de façon à éclairer deux cabinets CC avec une seule la

Dans le cas où le local comportant des stalles d'urinoirs e water-closets serait spacieux et élevé de plafond (7 à 8 *m* pourrait disposer au milieu un seul foyer à arc de 8 amp ainsi que le montre la figure 8 *(Pl. 57)*. Dans le croquis représenté des water-closets particuliers W C et des cabinet toilette T éclairés par des lampes à incandescence de 10 bou

Chaufferetteries-lampisteries. — Les chaufferetteries et les pisteries des grandes gares, qui occupent des surfaces quelqu importantes, seront éclairées par un foyer à arc avec abat- suspendu au plafond dans le centre du local, et dont la puiss sera de 5 ou de 8 ampères suivant les cas.

Buffets. — L'éclairage des buffets étant à la charge des gér nous n'avons pas à déterminer la nature et l'emplacement foyers qui peuvent varier dans de grandes limites. L'électr sera fournie au compteur et à un tarif convenu par kilowatt.

Halles aux voyageurs. — Les halles de voyageurs doivent

parfaitement éclairées. Les lampes à arc de 8 ampères (40 carcels) qui conviennent dans la généralité des cas pour cet éclairage peuvent être placées à 30 *m* les unes des autres, chaque lampe éclairant ainsi un espace circulaire de 15 *m* de rayon, soit 700 m^2 environ à raison de 0,6 bougie par mètre carré.

Ces lampes seront placées dans l'axe des quais, disposées en quinconce et à 5 ou 6 *m* de hauteur au-dessus du trottoir ; elles seront suspendues aux fermes de la halle à l'aide de suspensions à contrepoids permettant de les descendre à hauteur d'homme pour les visiter, les nettoyer et changer les charbons. Il serait, en effet, peu pratique d'employer, pour effectuer ces opérations, des échelles doubles de grandes dimensions sur des quais le plus souvent trop étroits pour la circulation des voyageurs et des chariots à bagages et à chaufferettes.

Dans certains cas, lorsque la hauteur de la halle est grande (15 à 20 *m*), on peut trouver avantageux de suspendre des foyers à arc de 12 ampères dans le voisinage de la toiture et de renvoyer leur lumière sur le sol au moyen de réflecteurs. Cette solution, qui avait été adoptée pour l'éclairage du palais des Machines à l'Exposition universelle de 1889, a donné de bons résultats et a été appliquée avec succès dans certaines grandes halles, notamment à la gare de Paris-Nord et à la gare de l'Ouest (Saint-Lazare).

Nous donnons *(fig. 9, Pl. 57)* le plan d'une halle à voyageurs de 113 *m* de longueur sur 32 *m* de largeur dont les trois quais sont éclairés à l'aide de 8 foyers de 8 ampères placés en quinconce à 25 *m* d'écartement les uns des autres, et à 6 *m* au-dessus des quais.

Les figures 1 et 2 *(Pl. 57)* donnent le plan d'une gare terminus dont la halle de 150 *m* de longueur sur 32 *m* de largeur est éclairée par 15 lampes de 7 ampères disposées ainsi que l'indique le croquis et placées à 5 *m* de hauteur au-dessus des quais. L'éclairement est de 1 bougie 1 par mètre carré.

Quais couverts. — Sur les quais non protégés par la halle, mais recouverts de marquises dont la hauteur moyenne est de 4,50 *m* à 5 *m*, on pourra faire usage de lampes à incandescence réparties de manière à donner une lumière uniforme.

Ce cas s'est présenté à la gare de Paris-Est et on a résolu le problème en plaçant sous les marquises des quais d'arrivée des lampes à incandescence de 16 bougies avec abat-jour à raison de 4 lampes par travée de 13,40 *m (fig. 3 et 4, Pl. 57)*. La surface éclairée par une lampe est de 20 m^2, soit 0,8 bougie par mètre carré.

Pour l'éclairage des quais de départ où les agents ont à co
ler les billets et à percevoir les suppléments, on a été am
faire usage de lampes de 20 bougies *(fig. 1, Pl. 57)*.

Dans ces conditions, l'éclairage par mètre superficiel e
1 bougie.

Mais la fumée, que l'on ne peut jamais éviter dans une
salit très rapidement les réflecteurs, ce qui diminue la quant
lumière projetée sur le sol. Un éclairage par lampes à a
5 ampères, à raison d'une lampe par travée de 13,40 *m*, eût
pour une dépense en énergie électrique sensiblement égale à
de 4 lampes à incandescence de 16 bougies (225 watts) une i
sité lumineuse double (1,75 bougie par mètre carré au li
0,8 bougie). Les ombres portées n'étaient pas à craindre, les
ports étant compris entre deux lampes d'égale intensité
neuse.

Quais découverts. — Dans les parties de quais non protégé
une halle ou par des marquises basses, on pourra faire usa
candélabres en fonte supportant des lampes de 5 ou de 8 am
placées ainsi à 5 *m* de hauteur et disposées dans l'axe des q
un écartement de 40 à 50 *m* suivant l'importance de la circu
sur le quai.

Cour des voyageurs. — La cour des voyageurs, qui est gén
ment spacieuse dans les gares importantes et qui comporte
vent un ou deux refuges avec candélabres en fonte supp
plusieurs lanternes à gaz, pourra être suffisamment éclair
surmontant ces candélabres d'une potence en fer portant une
de 8 ou de 12 ampères, dont l'intensité lumineuse corresp
celle de 3 becs de gaz de 550 *l* ou de 8 becs de gaz de mêm
sommation.

Nous donnons *(fig. 1* et *9, Pl. 57)* les plans de deux co
voyageurs mesurant une superficie de 5 250 et de 2 225
sont très suffisamment éclairées par deux foyers électriq
arc de 8 ampères, étant donné surtout que la façade du bât
des voyageurs est fortement éclairée et que des becs de gaz
sifs, dont l'emplacement est marqué sur les plans, projette
partie de leur lumière dans la cour et sur les voies publiqu
longent les grilles.

2. — Bâtiments affectés au service des marchand

Halles aux marchandises et abords. — Le travail de reco

sance des colis qui s'effectue dans les halles aux marchandises exige une abondante lumière. En ne ménageant pas la lumière dans cette partie de la gare, on réalise une économie notable de main-d'œuvre pour le triage des colis, le classement des messageries et on évite des erreurs de direction, par suite des retards, qui se traduisent par des indemnités à payer. Dans cet ordre d'idées, l'emploi de l'électricité a permis de réaliser un véritable progrès. On peut évidemment obtenir un éclairage suffisamment puissant avec les becs de gaz intensifs, mais il faudrait multiplier ces foyers et on risque ainsi d'augmenter les chances d'incendie. Or, comme les Compagnies de chemins de fer s'assurent elles-mêmes contre les incendies, elles ont le plus grand intérêt à écarter les modes d'éclairage qui ne présentent pas suffisamment de sécurité.

Une halle de 90 *m* de longueur sur 15 *m* de largeur (1 350 m^2) sera suffisamment bien éclairée par 3 foyers à arc de 8 ampères (40 carcels) placés dans l'axe de la halle à 30 *m* d'écartement et à 6 *m* de hauteur au-dessus du sol. L'éclairement par mètre carré est ainsi de 0,88 bougie ; exceptionnellement, on pourra porter le nombre des foyers à 4, ce qui donnera un éclairement de 1,18 bougie par mètre carré *(fig. 9, Pl. 57)*.

Nous donnons *(fig. 5 et 6, Pl. 57)* le plan et la coupe transversale d'une halle de douane ou de messagerie parfaitement éclairée au moyen de 7 lampes à arc de 7 ampères (35 carcels) distantes de 15 à 25 *m* et placées à 4,50 *m* de hauteur au-dessus du sol de la halle. Cette halle mesurant 2 000 m^2 de surface, l'éclairement par mètre carré est de 1,22 bougie.

Les bureaux qui sont ordinairement situés à l'une des extrémités des halles et qui sont vitrés reçoivent déjà une certaine quantité de lumière des foyers à arc ; il suffira donc de compléter l'éclairage par des lampes à incandescence de 10 bougies, à support mobile, à raison de 1 lampe pour un ou deux employés suivant les circonstances.

Les halles de transbordement sont bordées de voies sur lesquelles viennent, d'une part, les wagons amenant les marchandises à transborder, d'autre part, les wagons à charger. Il n'est pas nécessaire de prévoir, dans ce cas, l'éclairage des abords, l'intérieur des wagons en chargement ou en déchargement recevant la lumière émise par les lampes qui éclairent l'intérieur de la halle.

Il n'en est pas de même pour les halles à marchandises ordinaires ou de messageries, bordées d'un côté seulement par une voie et dont l'autre côté donne sur une cour empierrée où les voitures

viennent se ranger pour décharger ou charger des marchan
(fig. 9, Pl. 57). Dans ce cas il faut éclairer la cour et ses al
Des foyers électriques de 8 ampères, suspendus aux marquis
abritent les voitures en chargement ou en déchargement et
à des distances de 40 à 45 *m*, permettront de résoudre le pro
d'une manière très satisfaisante *(fig. 5, 6 et 9, Pl. 57)*.

3. — Voies et gares de triage.

Éclairage des voies. — Il n'est pas nécessaire d'éclairer le
ties de voies ne présentant pas de dispositions spéciales. O
tachera seulement à éclairer les points où s'effectuent de
nœuvres. Ainsi, les faisceaux d'aiguilles, les batteries de pl
certaines aiguilles et traversées-jonctions, la voie d'un c
transbordeur à vapeur, devront être pourvus d'un éclairage
faisant.

Gares de triage. — L'éclairage électrique est surtout ap
rendre de grands services dans les gares de triage.

Dans ces gares on effectue, en effet, les trois opération
vantes :

1° La réception ou le garage des trains arrivants;

2° Le triage des trains par direction;

3° Le classement des wagons suivant l'ordre de successi
différentes stations ou la formation des trains de détail ou
omnibus.

Ces opérations se font à l'aide d'un réseau de voies racc
entre elles, tantôt normalement au moyen de plaques tour
ou de chariots, tantôt obliquement au moyen de brancheme
de traversées-jonctions.

Nous n'examinerons pas ici toutes les solutions qui peuv
présenter pour l'aménagement d'une gare de triage; nous
bornerons seulement à étudier, au point de vue de l'éclaira
gares de triage par la gravité, du modèle le plus récent.

Il est nécessaire, avant d'aborder la question de l'éclaira
bien se rendre compte des diverses opérations à effectuer p
triage des wagons.

Le train est reçu sur la voie de tiroir par une aiguille en p
(fig. 10, Pl. 57). Après avoir marqué les wagons, on desse
tendeurs et on décroche les chaînes de sûreté aux points
coupures doivent être faites; puis on fait refouler le train,
machine, à la vitesse d'un homme marchant au pas. Un

placé au sommet du dos d'âne, en B *(fig. 10 et 11, Pl. 57)*, fait sauter, à l'aide d'une perche, les barres d'attelage à mesure que des wagons, constituant des lots différents, passent devant lui.

Afin d'éviter la multiplicité des ordres à transmettre verbalement, il convient de grouper, autant que possible, tous les leviers de manœuvre des aiguilles en un même point.

Dans une gare ainsi aménagée, voici comment on effectue ordinairement le triage d'un train :

On annonce à l'aiguilleur posté en A le numéro de la voie sur laquelle doit être dirigé le premier wagon lancé ; les aiguilles sont préparées en conséquence et sur ce premier wagon W *(fig. 11, Pl. 57)* on a marqué à la craie, en avant et sur le côté de la caisse, le numéro de la voie qui doit recevoir le wagon ou le groupe de wagons qui suit. Dès que le premier véhicule lancé, W, a dégagé les aiguilles, on prépare la voie pour la deuxième rame qui a été annoncée, et sur le premier wagon de cette deuxième rame, l'aiguilleur placé en A lit *au passage* le numéro de la voie qu'il faut ouvrir au wagon qui va suivre et ainsi de suite.

Cette manière de procéder, qui est la plus expéditive, nécessite une grande quantité de lumière. Il importe, en effet, que la voie de débranchement soit éclairée depuis l'entrée du triage jusqu'à une distance de 20 *m* au delà du sommet du dos d'âne. Dans tout ce parcours, les foyers doivent être placés aussi bas que possible (2 *m* à 2,50 *m*), afin que la lumière soit projetée sur les tendeurs et les chaînes de sûreté et sur les numéros marqués à la craie.

Dans le voisinage du poste d'aiguilleur A, il est bon d'installer un foyer puissant avec réflecteur *f* afin d'éclairer vivement les wagons qui descendent la pente et permettre ainsi à l'aiguilleur du poste de lire facilement, au passage, les chiffres qui lui indiquent le numéro de la voie à préparer pour la rame suivante.

Enfin, comme l'aiguilleur, avant d'effectuer la manœuvre des leviers pour la voie qui lui est demandée, doit s'assurer que les wagons ont bien dégagé les aiguilles, il importe d'éclairer l'entrée du triage par une rangée de becs, ainsi que l'indique la figure 12, planche 57.

Dans les voies du triage, on répartit les foyers en quinconce, de façon à fournir un éclairage général satisfaisant qui permette aux agents de voir arriver les wagons et de placer convenablement les sabots-frein sur les rails. On évitera ainsi des accidents de personnes et des déraillements provenant de la mise en place défectueuse des sabots sur les rails.

Enfin, s'il existe un chariot à vapeur pour effectuer le cla ment des wagons par stations pour la formation des trains de tail ou omnibus, on devra l'éclairer sur tout son parcours.

Dans l'éclairage électrique des voies de triage, il est néces de placer les foyers à la plus grande hauteur possible, afin d tenir une meilleure répartition de la lumière. Seule la voi débranchement sera éclairée à l'aide de foyers moins intensi placés à une faible hauteur, pour les raisons développées haut.

Nous donnerons deux exemples d'éclairage de gares de tr conçus suivant les principes que nous venons d'indiquer. On constater que, dans ces gares, qui existent, le travail de s'exécute aussi facilement qu'en plein jour, et l'expérience met d'affirmer qu'une bonne installation d'éclairage est le com ment indispensable sans lequel on ne peut obtenir le rende qu'on est en droit d'attendre pour des gares établies à gr frais.

4. — Dépôts de machines et dépendances.

Suivant les dimensions des rotondes, on placera au milie foyer à arc de 8 ou de 12 ampères, l'éclairage dans ces bâtim n'ayant pas besoin d'être très intense.

Les ateliers pourront être éclairés à l'aide de quelques lan à arc dont le nombre et l'intensité seront déterminés suivant dimensions du local, de façon à obtenir un éclairement analo à celui des halles à marchandises, c'est-à-dire d'environ 1,20 bougie par mètre carré. Une lampe à incandescence de 10 gies à support mobile sera, en outre, affectée à chaque ou ayant à exécuter un travail de lime ou d'ajustage. A proximit la grue de prise d'eau et du pont tournant des locomotives placera un foyer à arc. Il faudra enfin éclairer le parc à houill

Les bureaux du chef de dépôt, des sous-chefs, etc., seront écla à l'aide de lampes à incandescence de 10 ou de 16 bougies.

DOCUMENTS

relatifs à l'étude d'un avant-projet.

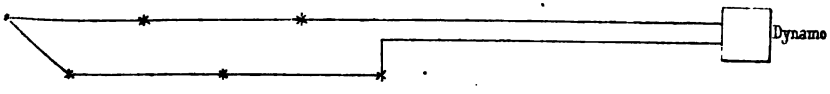
La rédaction d'un avant-projet d'éclairage électrique comprend :
1° L'étude du plan ;
2° L'évaluation des dépenses de premier établissement ;
3° Le calcul des frais annuels d'exploitation.

ÉTUDE DU PLAN

On déterminera d'abord le nombre de foyers nécessaires pour l'éclairage (arcs ou incandescence, ou arcs et incandescence à la fois); on indiquera la position de ces foyers sur un plan à grande échelle de la gare ; on choisira l'emplacement de l'usine électrique si on doit construire un bâtiment spécial pour abriter les moteurs et les dynamos, ou on indiquera l'emplacement des machines existantes dans le cas où on se sert pour actionner les dynamos de moteurs déjà en fonction dans la gare, ou de moteurs à placer à côté de ceux-ci si l'on veut utiliser une chaudière existante. Ce dernier cas peut se présenter pour les gares ayant un dépôt de locomotives auquel est annexé un atelier de réparations pourvu d'un moteur à vapeur disponible pendant les heures de nuit ou dont on peut utiliser la chaudière pour alimenter un moteur spécial; on peut encore chercher à utiliser les machines fixes pour l'élévation des eaux dans certaines gares.

On tracera ensuite la canalisation :

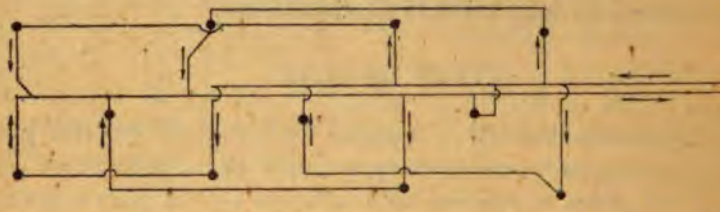
S'il s'agit d'un éclairage en tension par arcs, le conducteur va de l'usine à la première lampe, de celle-ci à la deuxième et ainsi de suite pour revenir à son point de départ.



S'il s'agit d'une distribution par arcs en dérivation, on aura soin de remplacer, toutes les fois qu'on le pourra, plusieurs conducteurs par un fil commun d'aller et de retour, afin de diminuer le nombre des poteaux, des isolateurs et par suite les frais de pose.

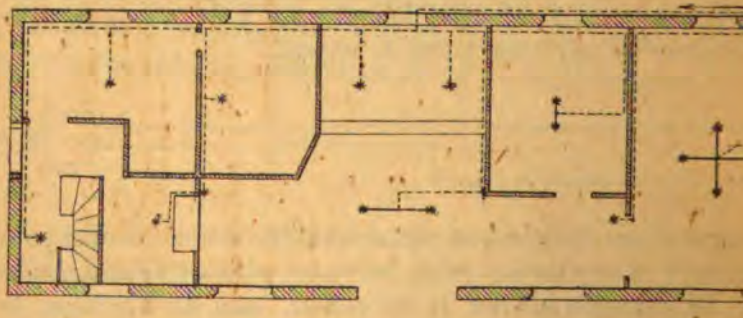
Ainsi qu'on l'a vu plus haut, il est avantageux de grouper e
deux ou plusieurs lampes à arc et d'alimenter chaque grou
une dérivation.

Le croquis ci-après représente le plan d'un éclairage d
quais à voyageurs au moyen de 11 lampes à arc placées en
conce et montées par groupes de deux en série. Ces lampe
alimentées par un conducteur d'aller et un conducteur de
communs A et R, d'où sont dérivés les circuits de chaque
de lampes.



On combinera les circuits de façon que les deux lampes v
ne se trouvent pas sur la même dérivation, afin d'éviter
partie du quai soit entièrement plongée dans l'obscurité pa
de l'extinction d'une lampe, extinction qui entraîne néce
ment celle de la lampe associée en série avec elle.

Dans le cas où l'on a un nombre impair de lampes, com
suppose le plan ci-dessus, on aura une dérivation ne comp
qu'une seule lampe ; mais comme chaque dérivation doit
ber le même nombre de watts, il faudra remplacer la lam
sente par un rhéostat qui transformera en chaleur la tensi
n'utilise pas la lampe qui manque. On voit qu'il y a in
prendre un nombre pair de lampes, toutes les fois que ce
possible.



Si on a des lampes à incandescence distribuées dans u

ment, on les alimentera chacune par une dérivation partant d'un conducteur principal, ainsi que le montre le plan ci-dessus, en cherchant à faire aboutir l'extrémité de ce conducteur principal au centre de la distribution.

ÉVALUATION DES DÉPENSES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT

Ces dépenses comprennent :

a. — Le prix de la canalisation (fourniture et pose des conducteurs et de leurs supports) et des tableaux de distribution.

b. — Le prix des lampes (fourniture, pose et appareillage des lampes à arc et des lampes à incandescence).

c. — Le prix des dynamos, des moteurs et des chaudières.

d. — Le prix du bâtiment qui abrite le matériel mécanique et électrique (dynamos, tableaux de distribution, moteurs et chaudières).

a. — Canalisation.

Calcul de la canalisation. Quel que soit le mode de distribution adopté, le diamètre des conducteurs et par suite le poids du cuivre se calculent très aisément en suivant la méthode ci-après, connaissant la longueur du conducteur (aller), le nombre d'ampères qu'il doit laisser passer et la perte de tension consentie en volts.

La section s (en millimètres carrés) à donner à un conducteur dont la longueur est de l mètres à l'aller et qui doit laisser passer un courant d'intensité I (en ampères) avec une perte de charge ε (en volts) égale à un tant pour cent de la tension totale de la distribution, est donnée par la formule :

$$s = \frac{0{,}034 \cdot l \cdot I}{\varepsilon} \qquad (1)$$

qui, résolue par rapport à I, donne :

$$I = \frac{S \times \varepsilon}{0{,}034 \cdot l}$$

Si, dans cette formule, on fait $s = 1$ *mm²*, on obtient la *densité de courant*, c'est-à-dire le nombre d'ampères passant dans la conduite par millimètre carré de section, pour une perte de charge de ε volts.

Ayant la densité de courant, il suffira de diviser par cette den-

sité le nombre d'ampères que le conducteur doit laisser
pour obtenir la section à donner à ce conducteur en milli
carrés.

Exemple : Un conducteur doit alimenter deux lampes de
pères, en série ; il a une longueur à l'aller de 150 *m;* on
une perte de charge $\varepsilon = 5$ volts.

La densité du courant sera :

$$I = \frac{5}{0{,}034 \times 150} = 0^{a},98$$

Les deux lampes montées en série exigeant 8 ampères, l
ducteur devra avoir une section de :

$$\frac{8}{0{,}98} = 8{,}16 \ mm^2$$

Au lieu de calculer la densité de courant par la formule
peut déterminer *la section à donner au conducteur par amp*
faire passer et pour une perte de charge donnée.

On aura en effet, en faisant dans la formule (1) $I = 1$.

$$S = \frac{0{,}034 \cdot l}{\varepsilon}.$$

Dans l'exemple précédent, on a :

$$S = \frac{0{,}034 \times 150}{5} = 1{,}02$$

Et comme on doit laisser passer 8 ampères, la section d
ducteur devra être 8 fois plus grande ou :

$$8 \times 1{,}02 = 8{,}16 \ mm^2.$$

L'une ou l'autre des deux méthodes conduit au but, m
deuxième est plus commode parce qu'au moyen du *tableau*
donne, pour une perte de charge déterminée et pour une lon
de conducteur (aller) également déterminée, la section d
ducteur en millimètres carrés par ampère, le calcul de la s
du fil se trouve réduit à une simple multiplication de cett
tion, par ampère, par le nombre des ampères à laisser passe
le fil.

Connaissant cette section on trouvera dans les *tableaux I*
les diamètres correspondants pour les conducteurs nus e
les conducteurs isolés ainsi que les poids.

EXEMPLES DE CALCULS DE CANALISATIONS

Exemple n° 1. — On veut alimenter, à l'aide d'un conducteur de

de longueur (aller), 10 lampes à arc de 12 ampères et 50 volts aux bornes, montées en série.

Admettons une perte de tension maximum de 10 volts. Le *tableau A* donne, pour la longueur de 500 *m* (ou 2×250) et la perte de charge $\varepsilon = 10$, une section par ampère de $2 \times 0{,}85 = 1{,}70$ *mm²*.

Le nombre d'ampères circulant dans le conducteur devant être de 12, la section devra être de $12 \times 1{,}70 = 20{,}4$ *mm²*, correspondant à un conducteur de 5,1 *mm* de diamètre *(tableau B)* et pesant 0,1818 *kg*, soit 0,182 *kg* par mètre. Le poids de cuivre est donc de $2 \times 500\ m \times 0\ kg, 182 = 182\ kg$, qui, à raison de 3 *f* le kilog., donnent 546 *f*.

La tension du courant sera de $10 \times 50\ v = 500$ volts, augmentée de la perte de charge consentie, 10 volts, soit 510 volts.

Il convient d'examiner maintenant si on n'a pas avantage à augmenter le diamètre du conducteur afin de réduire la perte de charge et par suite les frais d'exploitation, ou, au contraire, à diminuer ce diamètre en augmentant la perte de charge, pour faire une économie sur les dépenses de premier établissement, mais en consentant un surcroît de frais d'exploitation.

La question est très complexe, mais voici comment on peut arriver à déterminer approximativement la valeur qu'il convient d'attribuer à la perte de charge pour se trouver dans des conditions avantageuses, connaissant le nombre d'heures annuel de fonctionnement des lampes et en admettant un prix de revient pour le kilowatt-heure.

Soit, par exemple, 2000 heures d'éclairage annuel et 0,40 *f* le prix du kilowatt.

Avec une perte de charge de 10 volts, la perte d'énergie est de $10\ v \times 12\ a = 120$ watts par heure, soit pour les 2000 heures annuelles $2\,000 \times 120 = 240\,000$ watts, ce qui, au prix de 0,40 *f* le kilowatt, donne lieu à une dépense de 96 *f*.

Avec cette même perte de charge de 10 volts, on a été conduit à dépenser pour la canalisation 546 *f* dont l'intérêt et l'amortissement à 8 0/0 coûte par an $546 \times 0{,}08 = 43{,}68\ f$. La dépense est donc au total de $96 + 43{,}68 = 139{,}68\ f$. Examinons s'il n'y a pas intérêt à diminuer la première des deux parties de cette somme et à augmenter la deuxième, autrement dit à prendre un conducteur de plus fort diamètre ou, ce qui revient au même, à consentir une perte de charge moindre.

Reprenons donc le calcul en admettant une perte de 7 volts ;

on devra employer un conducteur ayant par ampère une s
de $2 \times 1{,}21 = 2{,}42$ *mm²* : la section totale sera de $2{,}42 \times$
$= 29{,}04$, correspondante à un fil de 6,1 *mm* de diamètre
0,260 *kg* le mètre, soit pour 1 000 *m* un poids de 260 *kg* et u
de $260 \times 3 = 780$ *f*, dont l'intérêt et l'amortissement à 8 0
de 62,40 *f*.

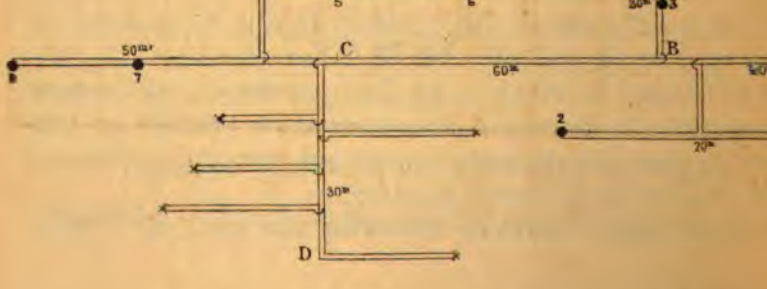
On dépense une énergie de $7\ v \times 12\ a = 84$ watts, soi
2 000 heures : $84 \times 2\,000 = 168\,000$ watts, ce qui donne une
argent, à 0,40 *f* le kilowatt, de $168 \times 0\ f, 4 = 67{,}20\ f$.
pense argent est au total : $62{,}40 + 67{,}20 = 129{,}60$ inféri
celle qui correspondait à la perte de 10 volts admise au
Les deux parties de la somme sont à peu de chose près é
c'est donc la perte de 7 volts qui est la plus favorable da
conditions où nous sommes placés.

Cet exemple montre comment il faut procéder pour éta
canalisation dans les meilleures conditions possibles, c'est-
en diminuant les frais de premier établissement jusqu'à la
à partir de laquelle toute nouvelle diminution entraînera
dépenses trop grandes d'exploitation.

Cette recherche nécessite malheureusement des calculs
longs, parce qu'on est obligé de procéder par tâtonnemen
constructeurs acquièrent d'ailleurs très rapidement une ha
qui leur permet de déterminer *a priori* la perte de charge
convient d'adopter dans tel ou tel cas.

Exemple n° 2. — On doit desservir à l'aide d'un conducteur
pal ABC, en fils nus, quatre groupes de deux lampes à arc de 8 a
et 50 volts, montées par deux en série, et cinq lampes à incandesc
16 bougies placées en dérivation sur le branchement CD.

Chaque groupe de deux lampes à arc en série exige une t
de $2 \times 50 = 100$ volts et une intensité de 8 ampères. C
lampe à incandescence fonctionne sous une tension de 10



et absorbe 0,56 ampère, soit pour les cinq lampes : $0,56 \times 5 = 2,80$ ampères.

Admettons une perte de charge totale de 6 volts ainsi répartie :

2 volts dans le conducteur A B (40 *m* de longueur);
2 volts dans le conducteur B C (60 *m* de longueur);
2 volts dans chaque dérivation.

Le calcul fournit les résultats consignés dans le tableau ci-après, en supposant que toutes les lampes à incandescence de chaque branchement soient massées à son extrémité.

Dans ce tableau, comme dans tous ceux qui suivront, les lettres placées en tête des colonnes ont les significations suivantes :

l — Longueur des conducteurs (aller) en mètres.
ε — Perte de charge admise (volts).
s — Section par ampère en millimètres carrés (donnée par le *tableau A*).
I — Intensité à laisser passer en ampères.
S — Section à donner au conducteur en millimètres carrés ($S = s \times I$).
d — Diamètre du conducteur en millimètres carrés (donné par le *tableau B*).
p — Poids par mètre du conducteur en kilogrammes (donné par le *tableau B*).
L — Longueur totale du conducteur en mètres ($L = 2\,l$).
P — Poids total en kilogrammes de cuivre du conducteur ($P = p \times L$).

	l	ε	*s*	I	S	*d*	*p*	L	P
CD	30	2	0,51	2,8	1,43	1,5	0,016	60	0,96
C 8-7	50	2	0,85	8	6,80	3	0,063	100	6,30
C 5-6	30	2	0,51	8	4,08	2,5	0,043	60	2,58
BC	60	2	1,02	18,8	19,17	5	0,175	121	21,00
B 3-4	20	2	0,34	8	2,72	2	0,028	40	1,12
B 2-1	70	2	1,19	8	9,52	3,5	0,086	140	12,04
AB	40	2	0,68	34,8	23,66	5,5	0,211	80	16,88
								TOTAL.	60,88

La dépense, le cuivre étant à 3 *f* le kilog., ressort à 182,64 *f*.

L'énergie absorbée par chaque groupe de lampes à arc est de

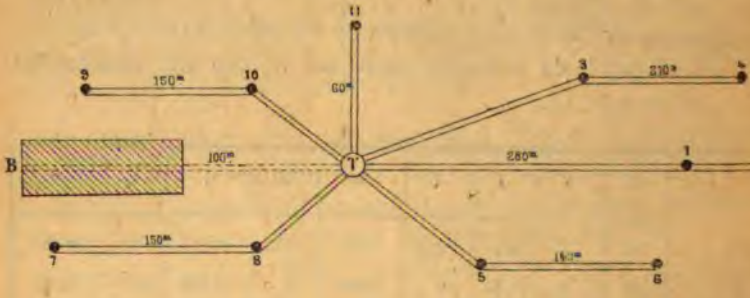
$100 \times 8 = 800$ watts, soit pour les quatre groupes 80
$= 3\,200$ watts.

L'énergie absorbée par les 5 lampes à incandescence
5×56 watts $= 280$ watts, soit au total 3 480 watts.

En divisant 182,64 *f* proportionnellement au nombre de
consommés par les lampes à arc et par les lampes à incandes
on trouve 168,42 *f* pour les premières et 14,22 *f* pou
deuxièmes ; le coût de la canalisation ressort ainsi par la
arc à 21,05 *f* et par lampe à incandescence à 2,85 *f* pour le
employé, non compris les supports, isolateurs, pose, etc.

*Exemple n° 3. — On veut alimenter, au moyen de conducteur
tant d'un tableau de distribution* T, *11 lampes à arc de 8 amp
50 volts, dont 10 lampes formant 5 groupes de 2 en série, et 25
à incandescence de 16 bougies réparties dans un bâtiment* B.

Chaque circuit de lampes à arc doit débiter 8 ampères.
cuit T-11 n'alimentant qu'une lampe, on y intercalera un
tat pour remplacer la deuxième lampe. Le circuit T-B dé
$25 \times 0^{a}56 = 14$ ampères (chaque lampe à incandescenc
mentée par une dérivation prise sur le conducteur princip
absorbant 0,56 ampères sous 100 volts).



Admettons pour chaque circuit une perte de charge de 5
On comptera 4 volts de perte dans la conduite principale
1 volt dans chaque dérivation, total 5 volts.

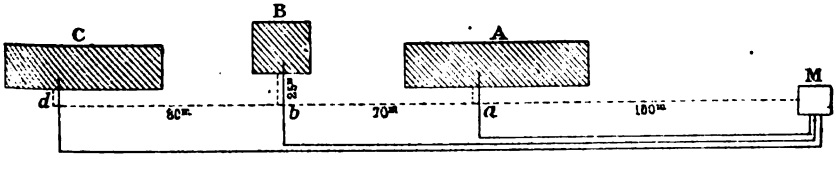
Le tableau suivant résume les résultats du calcul :

	l	e	*s*	I	S	*d*	*p*	L	P
T 1 2	280	5	1,90	8	15,2	4,5	0,142	560	79,52
T 3 4	210	5	1,43	8	11,44	4	0,111	420	46,62
T 5 6	140	5	0,94	8	7,52	3	0,063	280	17,64
T 7 8	150	5	1,02	8	8,16	3,5	0,086	300	25,80
T 9 10	150	5	1,02	8	8,16	3,5	0,086	300	25,80
T 11	60	5	0,41	8	3,28	2	0,028	120	3,36
T B	100	4	0,85	14	11,90	4	0,111	200	22,20
							POIDS TOTAL DE CUIVRE.		220,94

Soit au total, en nombre rond, 221 *kg* de cuivre qui, à 3 *f* le kilogramme, donnent 663 *f*. La canalisation des lampes à arc absorbe environ 200 *kg* de cuivre coûtant 600 *f*, soit par lampe 54,50 *f*; le conducteur principal T-B coûte 63 *f*, soit par lampe à incandescence 2,40 *f*.

Exemple n° 4. — On veut alimenter 89 lampes à incandescence de 16 bougies (0,56 ampère sous 100 volts), réparties dans trois bâtiments A *(50 lampes)*, B *(8 lampes)*, *et* C *(31 lampes). La machine dynamo* M *est placée à 100 m du bâtiment* A.

Cette dynamo alimente déjà des circuits de lampes à arc exigeant une tension de 100 volts et dans lesquels on perd 10 volts. On est donc dans l'obligation de consentir la même perte dans le conducteur qui dessert les lampes à incandescence.



Dans le cas qui nous occupe, la solution qui paraît la plus rationnelle est celle qui consiste à alimenter les lampes de chacun des bâtiments par une dérivation prise sur un conducteur principal M, *a*, *b*, *d*. Mais le calcul prouve, au contraire, qu'on réalisera une économie en desservant chaque bâtiment par une dérivation partant de la dynamo ainsi que le montre le croquis (tracé en pleins traits).

En effet, les lampes à incandescence ne peuvent supporter tension supérieure ou inférieure à 1 0/0 de leur voltage nor sous peine de durer peu de temps ou de donner une lum insuffisante. Si donc ces lampes sont faites pour fonctionn 108 volts normalement, elles pourront supporter au plus 109 et devront fonctionner au moins à 107 volts. La tension de di bution étant de 110 volts, il faudra consentir une perte de ch de 2 volts dans le conducteur principal, ce qui, vu sa gra longueur, oblige à lui donner une section exagérée et à augm ter par suite le poids de cuivre. (On réserve 1 volt de pert charge dans chaque branchement.) On pourrait, il est vrai, sentir une perte de charge de 10 volts et employer alors chaque bâtiment des lampes de voltage différent, mais cette s tion n'est pas pratique.

En admettant la perte de 2 volts dans le conducteur prin*Mabd*, de 215 *m* (aller), on trouve une section par ampère 3,655 mm^2 et pour les $89 \times 0{,}56 = 49{,}84$, soit 50 ampères ex par les 89 lampes : $3{,}655 \times 50 = 182{,}75\ mm^2$. Un pareil con teur pèse 1,63 *kg* par mètre, ce qui, pour les $215 \times 2 = 430\ m$ total donne 700 *kg* de cuivre.

Au contraire, en employant des lampes de 100 volts, en ali tant chaque bâtiment par une dérivation spéciale et en admet une perte de charge de 8 volts dans chaque dérivation e 2 volts dans chaque conducteur d'alimentation secondaire, ce donne en tout 10 volts de perte, on trouve :

Conducteur	*Ma*	Section	11,76 mm^2,	poids :	$200 \times 0{,}085 = 17{,}0$
—	*Mbc*	—	4,15	—	$390 \times 0{,}043 = 16{,}7$
—	*Md*	—	19,08	—	$430 \times 0{,}174 = 74{,}8$
				Poids total.	108,5

Branchements secondaires et tertiaires. — On devra toujours s ranger de façon à amener le conducteur principal en un p central du bâtiment à éclairer et faire rayonner de ce point sera le tableau de distribution, des conducteurs secondaires lesquels seront branchés, à leur tour, les conducteurs tertia aboutissant aux lampes.

On peut également s'imposer la condition d'alimenter au 5 lampes à incandescence de 16 bougies ou 8 lampes de 10 l gies par le même conducteur secondaire, et enfin il sera c mode de choisir un fil d'un diamètre uniforme pour chacu

ces branchements, ce qui évitera des calculs et permettra de faire rapidement le devis par la seule connaissance des longueurs des branchements.

Admettons que les branchements secondaires soient uniformément construits avec des fils de 0,002 *m* de diamètre (section 3,1416 *mm*²) et que les branchements tertiaires soient faits avec du fil de 0,001 *m* de diamètre (section 0,785 *mm*²).

L'intensité du courant passant dans un conducteur tertiaire alimentant une lampe de 16 bougies fonctionnant normalement à 100 volts de tension aux bornes est de 0,56 ampère (cas le plus défavorable puisque pour une lampe de 10 bougies l'intensité est de 0,35 ampère).

En consentant une perte de charge de 0,5 volt, on aura la longueur de conducteur (aller) admissible par la formule :

$$0{,}785 = \frac{0{,}034 \times x \times 0{,}56}{0{,}5} \text{ d'où } x = 20\ m,$$

ce qui est largement suffisant pour tous les cas.

Si nous faisons le même calcul pour le conducteur secondaire, en nous imposant la condition de n'alimenter, par chaque conducteur secondaire, que 5 lampes de 16 bougies ou 8 lampes de 10 bougies (soit au total une intensité maximum de 3 ampères) et en admettant un fil de 0,002 *m* de diamètre avec une perte de charge de 1,5 volt au plus, on aura :

Longueur maxima (aller) $\frac{3{,}1416 \times 1{,}5}{0{,}034 \times 3} = 46\ m$, ce qui est suffisant pour une distribution dans un bâtiment de gare mesurant au plus 60 *m* de longueur et 30 *m* de largeur.

Poteaux. — Les poteaux en bois qui servent à supporter les fils sont de hauteur différente et peuvent être estimés comme suit, pose comprise. Ces poteaux se placent à des distances variant de 40 à 60 *m*.

Poteau de 6 *m* de hauteur	6	» f
— 8 *m* —	10	50
— 10 *m* —	18	»
— 12 *m* —	28	»

Isolateurs. — Les isolateurs peuvent s'évaluer comme suit, pose comprise :

Isolateur double cloche, grand modèle	2	» f
— entrée de bâtiment	1	25
Poulie basse de 0,04 *m* de diamètre	0	30
— de 0,03 *m* —	0	30

Les fils de distribution à l'intérieur des bâtiments peuvent se

poser sur poulies et rester visibles, ou être recouverts d'une m
lure en bois dont le prix varie de 0,25 *f* à 0,55 *f* le mètre cour
pose comprise.

Pose. — Dans un avant-projet on pourra évaluer la pose (f
de main-d'œuvre et petites fournitures autres que poteaux, s
ports, poulies, etc.) à 10 ou 15 0/0 de la valeur des conducte
suivant qu'il s'agit d'une canalisation importante ou d'une pe
installation. On se maintiendra ainsi dans des limites d'estima
assez larges.

Appareils de sécurité. — En dehors des fils conducteurs, il
prévoir, dans toute installation, des appareils de sécurité qui so

1° Des *coupe-circuits* dont la fonction est de rompre automatiq
ment le circuit lorsque le courant acquiert une trop grande int
sité. Ces appareils, qui consistent en des fils d'un métal fus
intercalés entre les deux extrémités d'une coupure faite dan
conducteur, se placent :

a) Sur le tableau de distribution à l'usine, au départ de cha
conducteur principal, pour éviter des avaries aux machines au
où il se produirait un court circuit dans les conducteurs pri
paux, ce qui aurait pour conséquence de supprimer tout ou pa
de la résistance du réseau et de brûler les induits des dynam

b) A l'origine de chaque conducteur secondaire, pour prot
les lampes en cas d'augmentation imprévue de la tension de di
bution.

2° Des *parafoudres* pour la protection des installations intérie
et des dynamos contre les coups de foudre.

On comptera :

2 » *f* pour un coupe-circuit de 5 ampères posé sur un conducteur ;
2 35 *f* — de 10 — —
3 50 *f* — de 30 — —
4 50 *f* — de 30 — double ;
25 » *f* pour un parafoudre.

Tableau de distribution. — Les circuits généraux du réseau
distribution et les circuits dérivés particuliers à chaque lan
sont ouverts ou fermés au moyen d'interrupteurs ou commu
teurs. Ces appareils sont généralement réunis à des coupe-circ
de forme spéciale et à des instruments de mesure sur un tabl
placé à proximité des dynamos. Ce tableau, qui prend le nom
tableau de distribution, donne lieu à une dépense qui, dans le
d'éclairages électriques de gares de petite et de moyenne imp
tance comprenant de 15 à 50 lampes à arc et de 50 à 300 lam

a incandescence, peut être évaluée, dans un avant-projet, de 800 à 2 000 *f.*

b. — Lampes à arc et à incandescence.

Lampes à arc. — Les types de lampes à arc employées pour l'éclairage des gares et qui permettent de satisfaire à tous les besoins, se désignent par l'intensité qu'elles absorbent ; ce sont :

La lampe de	5	ampères donnant	20	carcels.
—	7	—	35	—
—	8	—	40	—
—	12	—	100	—

Ces lampes exigent à leurs bornes un courant de 50 volts de tension. En admettant qu'elles soient montées en dérivation simple et que la perte de charge soit de 15 volts dans le réseau de distribution, il faudra que la dynamo fournisse au tableau de distribution $50 + 15 = 65$ volts.

Les mêmes lampes étant montées par groupes de deux en série, chaque groupe en dérivation sur le conducteur principal exigera un courant de $50 \times 2 = 100$ volts, et si on admet dans le réseau de distribution une perte de charge de 10 volts, il faudra que la dynamo fournisse au tableau de distribution un courant de $100 + 10 = 110$ volts.

On a vu plus haut qu'il y avait avantage, au point de vue de l'économie à réaliser sur le poids des conducteurs, à augmenter la tension du courant ; c'est justement ce que permet de faire le système de montage des lampes à arc par deux en série.

On est donc tenté d'augmenter cette économie en employant des groupes de 3 ou de 4 lampes en série.

Il se présente cependant une difficulté si l'on a à alimenter à la fois des lampes à arc et des lampes à incandescence. En effet, la tension nécessaire à chaque groupe de 4 lampes à arc, en série par exemple, est de $4 \times 50 = 200$ volts, tandis que les lampes à incandescence ont ordinairement un voltage de 100 volts.

On peut résoudre le problème de deux façons :

1° Employer comme précédemment deux conducteurs entre lesquels on montera, en dérivation, les lampes à arc groupées par 4 en série et les lampes à incandescence groupées par deux en série *(fig. a)*. Dans ces conditions, chaque dérivation aura besoin de 200 volts, et, en admettant toujours la même perte de charge de 10 volts, la dynamo devra fournir un courant de $200 + 10 = 210$ volts.

2° Employer le système de distribution à 3 fils, consist accoupler deux dynamos en série et à faire partir un condu de chacun des pôles libres et des deux pôles qui se trouvent nis ; les tensions des deux dynamos s'ajoutent et il circule conséquent, dans les fils extrêmes un courant de tension d

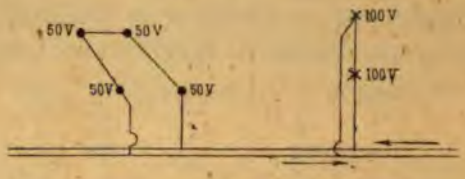


Fig. *a*.

de celle du courant fourni par chacune des deux dynamos, t que le conducteur intermédiaire n'est parcouru par aucun rant, à condition que des lampes de même nature soient répa en nombre égal, de chaque côté de ce conducteur intermé et fonctionnent en même temps.

La figure *b* permet de se rendre compte du fonctionnemer système et de la disposition générale à adopter pour les dyn et les conducteurs. Si chaque dynamo donne un courar

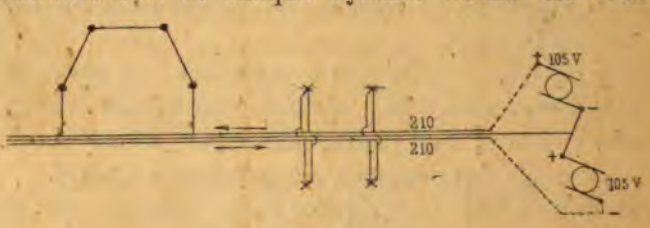


Fig. *b*.

105 volts, on aura dans les fils extrêmes 210 volts de tension lampes à incandescence étant montées, comme on voit, en vation entre les conducteurs extrêmes et le conducteur inte diaire ou fil neutre, on n'a plus besoin de les accoupler par en série, puisque la différence de tension entre ces deux con teurs est de 100 volts, abstraction faite de la perte de charge posée de 10 volts.

Dans tous les cas examinés ci-dessus, l'énergie absorbée watts est toujours la même, car lorsque la tension de distr tion a augmenté, l'intensité a diminué, et le produit de ces facteurs est resté constant.

Le tableau suivant donne la valeur de l'énergie électrique watts) et mécanique (en chevaux) absorbée par chaque sorte

lampe à arc dans les différents cas (1 cheval-vapeur équivaut à 736 watts).

DISTRIBUTION A	Deux fils en dérivation simple à 65 volts aux bornes des dynamos.	Deux fils avec groupes de deux lampes en série, 110 volts aux dynamos.	Trois fils avec groupes de 4 arcs en série, 220 volts aux dynamos.
Lampes de	amp. volts watts ch	watts ch	watts ch
5 ampères (20 carcels)	$5 \times 65 = 325 = 0{,}441$	$5 \times \frac{110}{2} = 275 = 0{,}374$	$5 \times \frac{220}{4} = 275 = 0{,}374$
7 — (35 —)	$7 \times 65 = 455 = 0{,}618$	$7 \times \frac{110}{2} = 385 = 0{,}523$	$7 \times \frac{220}{4} = 385 = 0{,}523$
8 — (40 —)	$8 \times 65 = 525 = 0{,}710$	$8 \times \frac{110}{2} = 440 = 0{,}600$	$8 \times \frac{220}{4} = 440 = 0{,}600$
12 — (100 —)	$12 \times 65 = 785 = 1{,}070$	$12 \times \frac{110}{2} = 660 = 0{,}897$	$12 \times \frac{220}{4} = 660 = 0{,}897$

Ces chiffres montrent quelle est l'importance de l'économie de force motrice qui résulte de l'emploi de la tension de 110 volts aux dynamos comparativement à la tension de 65 volts.

A cette économie vient s'ajouter celle des conducteurs qui est d'autant plus considérable que la tension de distribution est plus élevée.

Quel que soit le système de distribution, il faut que la tension mesurée aux bornes des lampes à arc reste à peu près constante, ce qui oblige à munir chacune de ces lampes, lorsqu'elle est placée en dérivation simple, d'un rhéostat de réglage qui absorbe environ 5 volts.

Dans le système de distribution en série, cette perte de tension due au rhéostat, se trouve considérablement réduite, car, dans ce cas, toutes les lampes étant solidaires, la moindre variation qui se produit dans l'une d'elles se répartit sur toutes les autres et la régularisation s'établit d'elle-même. Enfin, si l'on a plusieurs groupes de lampes en série, montés chacun en dérivation sur le conducteur principal, il suffira d'un seul rhéostat de réglage par groupe.

Le calcul suivant corrobore les observations ci-dessus :

Un éclairage de 10 lampes de 5 ampères en série nécessite $5^a \times 45^v \times 10^l = 2\,250$ watts plus 10 0/0 de perte dans la canalisation, soit au total 2 475 watts. Le même éclairage par le même nombre de lampes en dérivation simple avec une tension aux

bornes de la dynamo de 65 volts nécessite 5ª × 65ᵛ ×
= 3 250 watts.

On économise donc 775 watts (un peu plus d'un cheval de f
avec le montage en série.

Cependant, malgré les pertes qu'il entraîne forcément, le
tème de distribution en dérivation doit être adopté toutes les
qu'il est indispensable d'écarter toute chance d'extinction si
tanée de plusieurs foyers.

Espacement des foyers.

Pour les applications qui nous occupent, les lampes à arc
vent être placées aux distances suivantes :

	Espacement des foyers
Lampes de 5 ampères (20 carcels)	20 à 25ᵐ
» 7 » (35 »)	25 à 30
» 8 » (40 »)	30 à 50
» 12 » (100 »)	50 à 80

Prix des lampes.

Dans un avant-projet, les lampes à arc de 5, 7, 8 ou 12 amp
peuvent être comptées 200 francs pièce, savoir :

Lampe (mécanisme) . . . . . .Fr.

Appareillage (enveloppe, abat-jour, câble souple reliant
le conducteur au mécanisme) . . . . . .

TOTAL . . . . .

Prix des supports.

Voici les prix des différents supports que l'on peut avoir à
ployer dans un éclairage de gare :

Suspension à contrepoids (*fig. 13, Pl. 58*) . . . . . .Fr
Poteau télégraphique de 12 mètres avec potence formée de pièces moisées
2 poulies, 2 crochets, 2 isolateurs, pose comprise (*fig. 7, Pl. 58*). . . . . .
Poteau en fer de 10 mètres de hauteur, fût (293 *f.*) fût de fondation (80 *f.*)
fouilles et pose (15 *f.*) (Voir *fig. 8, Pl. 58*), prix total . . . . . .
Poteau en fer à treillis de 7 mètres de hauteur, pose comprise (*fig. 9, Pl. 58*)
Candélabre en fonte de 5 mètres de hauteur (160 *f.*), fondations et pose (40 *f.*
(*fig. 10, Pl. 58*) . . . . . .

Lampes à incandescence.

Les lampes à incandescence de 10, de 16 et de 20 bougies qui é
valent comme intensité lumineuse, respectivement à 1,5 bec d
de 140 litres, à un peu plus de 2 becs, et à 3 becs, fonction

sous des tensions de 70, 100, 110 et 120 volts, et consomment en moyenne 3,5 watts par bougie.

Les types de 70 volts s'emploieront lorsque la distribution comprendra des lampes à arc et des lampes à incandescence, toutes montées en dérivation.

Les types de 100, 110 et 120 volts conviennent au cas où l'on a une distribution de lampes à incandescence en dérivation et de lampes à arc en dérivation par 2 en série.

La durée d'une lampe à incandescence est en général d'autant plus grande qu'elle absorbe plus de force motrice pour une même intensité lumineuse. Cette durée varie également avec la régularité d'allure imprimée à la dynamo. La durée augmente lorsque la vitesse du moteur varie peu.

Le tableau suivant contient les données relatives aux trois types de lampes ci-dessus désignés :

	TENSION aux bornes EN VOLTS	INTENSITÉ en AMPÈRES	ÉNERGIE en WATTS	PRIX D'UNE LAMPE (francs)	DURÉE MOYENNE (heures)
10 bougies. . .	70	0,5	35		
	100	0,35	35		
	120	0,29	35		
16 bougies. . .	70	0,8	56		
	100	0,56	56	2,50	800
	120	0,45	56		
20 bougies. . .	70	1 »	70		
	100	0,70	70		
	120	0,58	70		

Appareillage intérieur. — Lorsqu'une installation d'éclairage électrique succède à un éclairage au gaz, on peut employer l'appareillage existant; il suffit de monter dans les lanternes, sur les lyres ou supports à gaz, les lampes à incandescence à l'aide de différents organes dont le prix varie de. . . . . 0,75 *f* à 3 *f*

Dans un devis d'installation de lampes à incandescence substituées à des becs de gaz existants, on pourra donc compter, en moyenne, pour le prix d'une lampe et de son support, une somme de. . . . . 5 *f*

Si l'on a à faire une installation de lampes à incandescence dans des locaux non éclairés au gaz, il faut, pour supporter les lampes, une série d'appareils dont les types sont en nombre assez restreint, dans le cas particulier qui nous occupe. Les figures 14 à 25, planche 58, donnent les dessins de ces appareils et le tableau ci-après indique leur prix fort, non compris la lampe.

Appareillage pour lampes à incandescence pour bureaux et salles d'attente.

N°s des figures Pl. 58.		Kilog.	Francs.
14	Abat-jour émaillé de 250 *mm* de diamètre suspendu à un cordon conducteur	0,489	2 »
21	Tige en fer bronzé de 1 *m* de longueur supportant un abat-jour	0,800	12 »
15	Tige en fer bronzé supportant deux abat-jour	2 000	33 »
16	Lyre hollandaise en cuivre poli	1 000	13 »
22	Applique en fer bronzé	0,680	10 »
23	Applique mobile en fer bronzé	2 600	28 »
24	Applique mobile en cuivre poli	0 450	10 »
20	Bras de 0,30 *m* de long en cuivre bronzé	0,220	15 »
17	Lampe mobile à tringle, pied en fonte	2 000	7 40
18	Chandelier mobile en cuivre bronzé	3 250	16 »
19	Flambleau portatif en cuivre poli	0,650	11 60
25	Lustre à deux branches bronzé	1 200	42 »
	Lustre à trois branches bronzé	1 900	55 »
	Lustre à cinq branches bronzé	2 600	78 »

Il faut ajouter au prix de la lampe et de son support, dans une installation faite, soit sur becs de gaz existants, soit dans un local non encore éclairé au gaz, le prix de la *douille* à laquelle sont reliés les conducteurs qui amènent le courant. Cette douille peut être simple ou avec interrupteur; on comptera :

Pour une douille simple . . . . . 0,75 *f*
— — avec interrupteur 2,00

Dans un avant-projet d'éclairage de gare, on pourra évaluer l'appareillage des lampes à incandescence, *à 15 francs par lampe, pose comprise.*

Appareillage extérieur. — A l'extérieur on emploiera les supports généralement adoptés pour l'éclairage au pétrole ou au gaz, c'est-à-dire des lanternes applique ou des lanternes à 4 faces sur candélabres ou sur poteaux en bois ou en fer double T.

Les figures 11 et 12, planche 58, donnent les vues de ces divers appareils, dont voici les prix estimatifs :

Lanterne applique ou marquise	30 *f*
Lampe, douille et support	5
	35 *f*

Lanterne réverbère 4 faces	20 f
Lampe, douille et supports	5
	25 f
Poteau porte-lanterne de ville en fer double T	18 f
Pose	4
	22 f
Candélabre en fonte brute	35 f
Pose	4
	39 f
Candélabre en fonte bronzé	45 f
Pose	4
	49 f

c. — Dynamos, Moteurs et Chaudières.

Dynamos. — Pour l'éclairage en dérivation par incandescence ou par arc voltaïque, on emploiera des dynamos compound dont la puissance se déterminera comme suit :

On calculera le nombre de watts à fournir en multipliant l'intensité (en ampères) nécessaire aux lampes à arc et à incandescence par la tension (en volts) sous laquelle fonctionnent les lampes, augmentée du nombre de volts représentant la perte de charge admise dans le réseau.

On admettra pour la dynamo un rendement de 90 0/0 et on prendra, par conséquent, les 100/90 du nombre de watts calculé ci-dessus, ce qui donnera la puissance que doit avoir la dynamo.

Exemple : On a 22 lampes à arc montées par groupes de deux en série et fonctionnant à 8 ampères et 50 volts aux bornes, et 100 lampes à incandescence de 16 bougies fonctionnant chacune à 0,56 ampère et 100 volts aux bornes. On admet 10 volts pour la perte de charge dans le réseau.

La tension de distribution est donc de $100 + 10 = 110$ volts et on aura :

Puissance absorbée par 11 groupes de deux lampes à arc montées par deux en série :

$11 \times 8^{a} \times 110^{v} = \ldots\ldots\ldots$ 9 680 watts.

Puissance absorbée par 100 lampes à incandescence montées en dérivation :

$100 \times 0{,}56^{a} \times 110^{v} = \ldots\ldots$ 6 160

TOTAL. . . 15 840 watts.

La puissance de la dynamo devra être de

$$\frac{15\,840 \times 100}{90} = 17\,600 \text{ watts.}$$

Le *tableau E*, qui donne les dimensions et les prix des dy
de modèles courants, nous indique que l'on devra prend
machine de 22 000 watts coûtant 3 200 *f*.

Les prix marqués dans le *tableau E* sont ceux des catal
ils sont généralement susceptibles d'une réduction de 10 0
prenant ces prix forts, il est donc inutile de compter des f
pose, lesquels sont en général de 10 0/0 du coût de la ma

L'échelle des puissances des dynamos pour l'éclairage p
voltaïques montés en série est analogue à celle des dy
compound et les prix sont les mêmes.

Moteurs. — La puissance du moteur se détermine d'après
qui a été reconnue nécessaire pour la dynamo. Connaiss
nombre de watts que doit fournir celle-ci, on n'a qu'à le
par 736 pour avoir le nombre de chevaux-vapeur correspo

En admettant un rendement de 83 0/0 pour le moteur, o
tipliera par $\frac{100}{83}$ ce nombre de chevaux pour connaître l
nominale du moteur.

Le rendement de 83 0/0 tient compte des pertes de force
sionnées par les transmissions.

Exemple : On a trouvé plus haut que la puissance d'une d
pouvant alimenter 22 lampes à arc et 100 lampes à incande
devait être de 17 600 watts, soit $\frac{17\,600}{736} = 23{,}9$ *ch*, en n
rond 24 *ch*. Il faudra donc un moteur de $\frac{24 \times 100}{83} = 28$
30 *ch* effectifs.

En résumé, en désignant par W le nombre de watts à f
aux lampes et à la canalisation, on a immédiatement :

Puissance de la dynamo $P = W \times \frac{100}{90}$ watts.

Puissance du moteur $P' = \frac{W \times 100 \times 100}{736 \times 90 \times 83} = 0{,}001818$

Le coefficient 0,001818 est d'un emploi commode.

Choix du moteur. — On peut choisir une machine à march
ou une machine à marche rapide. Les premières font d

120 tours par minute, les deuxièmes tournent à une vitesse de 250 à 400 tours.

La machine à marche lente coûte plus cher d'acquisition, par force de cheval, qu'une machine à marche rapide; l'espace occupé par cheval indiqué est aussi plus grand (à moins qu'on emploie des moteurs très puissants, ce qui est seulement possible pour des stations centrales importantes); enfin il faut une transmission intermédiaire. Ces machines sont cependant à recommander pour les installations où on veut avoir un fonctionnement régulier de l'éclairage, comme dans les grandes gares de chemins de fer. Dans ce cas on pourra faire choix du type Corliss qui présente le plus d'avantages, tant au point de vue du rendement et de la consommation de combustible qu'au point de vue de la durée. Le rendement de ces moteurs atteint 85 0/0.

La machine à marche rapide, qui est très employée parce qu'elle permet la commande directe des dynamos, qu'elle prend moins de place qu'une machine à marche lente, qu'elle coûte moins cher d'acquisition et d'installation et enfin parce qu'elle augmente le rendement par suite de la suppression de la transmission intermédiaire, présente cependant l'inconvénient de dépenser plus de vapeur et d'exiger une surveillance constante. Sa durée est également moins grande.

Le choix à faire entre ces deux types de moteurs dépend des circonstances locales et des conditions de l'exploitation.

Le *tableau F* donne les renseignements nécessaires sur des types de machines horizontales, simples ou couplées à détente automatique, à marche lente et sur des types de machines à grande vitesse, type pilon, spécialement construites pour la commande directe des dynamos. On trouvera, dans ce tableau, les prix à prévoir dans un avant-projet.

Chaudières. — Les chaudières peuvent être verticales ou horizontales. Celles qui remplissent le mieux les conditions imposées aux installations d'éclairage électrique sont les chaudières multitubulaires inexplosibles. Elles tiennent relativement peu de place, se mettent rapidement en pression, sont d'un montage et d'une réparation faciles. Elles peuvent enfin se placer au-dessus des moteurs en cas d'absolue nécessité. Nous avons un exemple de cette disposition dans l'installation faite par la Compagnie de l'Est pour l'éclairage électrique de sa gare de Paris.

Il sera bon d'avoir une alimentation d'eau absolument a
tique pour éviter les variations de pression.

Le *tableau G* donne les dimensions et les prix applicable
types courants de chaudières horizontales et verticales.

Matériel de secours. — Après avoir déterminé le type de
mos, moteurs et chaudières, on fixera leur nombre.

Pour assurer la sécurité de l'exploitation, ce qui est in
sable, surtout dans une gare de chemin de fer, il faut en
un matériel électrique et mécanique double de celui qui es
lument nécessaire si on fait un projet applicable à une
petite ou de moyenne importance.

Si l'éclairage est suffisamment important, on pourra s'a
de façon à constituer des unités complètes comprenant
dière, moteur et dynamo, et installer une unité de plus p
unités nécessaires, ce qui diminuera les frais occasionnés
matériel de secours.

Il y a encore à examiner si, pour une gare de petite
moyenne importance, il ne vaut pas mieux se servir d'acc
teurs comme secours, au lieu de doubler le matériel d
moteur et chaudière.

Faisons ce calcul dans le cas d'un éclairage comp
20 lampes à arc de 8 ampères montées par deux en
de 100 lampes à incandescence de 0,56 ampère chacune,
sion de distribution étant de 110 volts.

Le problème peut être posé de deux façons :

1° Les accumulateurs devront assurer le service pendant
rée d'une soirée, soit pendant six heures;

2° Ils devront assurer l'éclairage pendant une heure,
considéré comme strictement nécessaire pour remettre
la dynamo ou le moteur en cas d'avarie légère.

Nous allons calculer quelles sont, dans ces deux hypo
les dépenses de premier établissement et d'entretien.

1er cas. — Éclairage d'une durée de six heures. — Le *nom*
accumulateurs nécessaires se détermine d'après la tension
tribution en partant de cette donnée que la tension ut
d'un accumulateur est de 2 volts.

La tension de distribution étant de 110 volts, il faudra

55 accumulateurs et il faudra en prévoir 3 ou 4 de réserv

parer à la baisse de tension qui se produit vers la fin de la décharge utilisable de la batterie.

Soit donc, au total, au moins 58 accumulateurs.

Le *poids des plaques* de chaque accumulateur se calcule d'après le nombre d'ampères-heure qu'ils doivent fournir, étant admis que les accumulateurs actuellement connus ont une capacité de 9 à 10 ampères-heure par kilogramme de plaques.

Dans le cas qui nous occupe, le débit en ampères de la batterie doit être, par heure :

10 séries de 2 lampes à arc de 8 ampères :	10×8	= 80 ampères.
100 lampes à incandescence de 0,56 ampère :	$100 \times 0{,}56$	= 56 —
	TOTAL.	136 ampères.

et comme on veut une durée d'éclairage de six heures, la capacité de la batterie en ampères-heure doit être de 136×6 ou 816 ampères-heure. Chaque accumulateur aura donc un poids de plaques de $816 : 10 = 81{,}6$ *kg* ou $816 : 9 = 90{,}6$ *kg*, soit en nombre rond de 90 à 100 *kg*.

Le prix d'un accumulateur de cette capacité varie de 218 à 225 *f*. En adoptant ce dernier chiffre, le prix de l'installation se calcule comme suit :

58 accumulateurs à 225 *f*.	13 050 *f*
Conjoncteur-disjoncteur servant en même temps de coupleur pour mettre pendant la charge les accumulateurs en deux séries de 29 et les remettre à 58 en série pour la décharge (1)	250
Commutateur à deux plots permettant à la décharge de faire varier le nombre des accumulateurs pour obvier aux variations de potentiel	200
TOTAL des frais de première installation.	13 500 *f*
Il faut compter l'intérêt à 5 0/0 et l'amortissement et l'entretien de la batterie à 15 0/0, soit 20 0/0 ou. . . . . pour la dépense annuelle.	2 700 *f*

Comparons cette dépense à celle qui résulterait de l'emploi d'un matériel de secours (dynamo, moteur et chaudière).

Ce matériel se composerait :

D'une dynamo de 110 volts $\times$ 136 ampères $\times \frac{100}{90} = 16\,622$ watts coûtant . .	3 200 *f*
D'un moteur de $\frac{16\,622}{736} \times \frac{100}{83} = 27$ *chx*	6 000
D'une chaudière de 30 *chx*	3 700
TOTAL des frais de première installation. . . .	12 900 *f*
Soit.	13 000 *f*
Les frais annuels seraient de :	
Intérêt et amortissement en dix ans à 5 0/0 : $0{,}13 \times 13\,000 =$	1 690 *f*
Entretien annuel : $0{,}05 \times 13\,000 =$	650
TOTAL.	2 340 *f*

(1) Il faut compter 2,5 volts pour charger un accumulateur, ce qui exige pour les 58 accumulateurs une tension de $58 \times 2{,}5 = 145$ volts. Mais comme on ne dispose que de 110 volts, on chargera ces accumulateurs en les groupant en deux séries de 29, ce qui n'exigera que $29 \times 2{,}5 = 72{,}5$ volts pour la tension de charge.

La dépense occasionnée par le doublement du matériel m
nique et électrique est légèrement inférieure à celle résul
de l'emploi des accumulateurs, et comme, d'une part, avec
matériel électro-mécanique de secours, on peut assurer un
vice de plus de six heures, et que, d'autre part, les accum
teurs présentent certains inconvénients de manipulation, il ser
qu'on doive préférer la machine de secours aux accumulate
dans l'hypothèse où nous nous sommes placés, en attendant
de nouveaux perfectionnements aient rendu les accumulat
d'un emploi plus pratique et surtout moins coûteux.

2e *cas.* — *Éclairage d'une durée d'une heure.* — Si l'on se cont
d'avoir une batterie d'accumulateurs pouvant fournir le cou
nécessaire à l'éclairage pendant une heure, temps stricter
nécessaire pour parer à une interruption provenant d'une p
avarie à la dynamo ou au moteur, telle que chute de cour
balai à remplacer, etc., la dépense se calculera comme suit :

Il faudra toujours le même nombre d'accumulateurs, soi
puisque la tension est la même, mais la capacité étant de : 136
pères × 1 heure = 136 ampères-heure, on n'aura besoin
d'accumulateurs d'un poids de :

136 : 10 = 13,6 *kg* à 136 : 9 = 15 *kg* coûtant 40 *f* chacun.

On aura donc :

58 accumulateurs à 40 *f*	2 320
1 di-joncteur	2 0
1 commutateur à 10 plots	200
Capital immobilisé	2 770 *f*
Dépenses annuelles 20 0/0 de 2 770 *f*	554 *f*

3e *Éclairage d'une durée de deux heures.* — Si l'on doit assure
éclairage de secours pendant deux heures, les frais seront les
vants :

58 accumulateurs à 80 *f*	4 140 *f*
1 disjoncteur	250
1 commutateur à 10 plots	200
Capital immobilisé	5 090 *f*
Dépenses annuelles 20 0/0 de 5.090 *f*	1 018 *f*

Dans certains cas, il sera avantageux de se servir d'accum
teurs comme secours puisque, employés dans les conditions
ciales qui viennent d'être définies, on n'engage qu'un capital
au plus égal à la moitié de celui qui correspond à la créa
d'une deuxième unité mécanique et électrique de réserve et
la dépense annuelle ne dépasse pas non plus la moitié de celle
représente l'intérêt, l'amortissement et l'entretien de cette u

d. — Bâtiment.

Le bâtiment qui renferme les dynamos, les moteurs, les chaudières et au besoin les accumulateurs, aura naturellement des dimensions différentes suivant le nombre et le type des moteurs employés; mais en général on pourra se contenter d'une construction économique consistant en un hangar de 10 à 20 *m* de largeur et de 6 *m* de hauteur depuis le sol jusqu'à la naissance des fermes, avec une longueur variant de 15 à 25 *m*. Les murs seront constitués par des montants en fer à T avec remplissage en maçonnerie de briques; les fermes également en fer supporteront un toit en tuiles. Ce bâtiment sera partagé en deux par une cloison en briques; l'un des compartiments sera affecté aux chaudières et au dépôt de charbon; dans l'autre se trouveront les moteurs, les dynamos et le bureau du surveillant, avec un petit atelier de réparations. La cheminée des chaudières pourra être construite en tôle.

Ce type d'usine peut être évalué, dans un avant-projet, à 100 *f* par mètre carré de surface couverte.

Exemples : nous donnons *(Pl. 58)*, les dessins relatifs :

1° A une installation de petite usine pour un éclairage à l'aide de 14 lampes à arc de 8 ou de 12 ampères en série;

2° A une installation d'usine pour un éclairage en dérivation par incandescence ou par arcs voltaïques comprenant 14 lampes à arc de 8 ampères réunies par groupes de deux en série et 60 lampes à incandescence de 16 bougies.

La première installation *(fig. 1 et 2, Pl. 58)* qui convient, par exemple, pour l'éclairage d'une gare de triage, comprend un ensemble dynamo et moteur à grande vitesse. La dynamo, genre Gramme, peut donner à une vitesse de 400 tours par minute 13 ampères à une tension de 840 volts. Le moteur pilon tournant à la même vitesse a un cylindre de 190 *mm.* de diamètre et une course de 200 *mm.* Le démontage et le remontage, tant de la dynamo que du moteur, sont de la plus grande simplicité.

Le moteur peut développer un travail maximum de 20 *ch* avec une dépense de 400 *kg* de vapeur à l'heure à la pression de 6 *kg*.

L'ensemble (dynamo et moteur) pèse 2 500 *kg* et occupe en plan un espace de $1{,}56 \times 1{,}26\ m = 2{,}1216\ m^2$; la hauteur est de 1,70 *m*. Il peut donc être placé assez facilement dans une salle de machine existante, telle, par exemple, que celle d'une machine fixe d'ali-

mentation du réservoir d'eau d'une gare. La chaudière, da
cas où l'on n'aurait pas de vapeur à sa disposition, serait
cale et tubulaire. L'alimentation en serait assurée par une p
alimentaire automatique et deux injecteurs servant de rech

L'installation complète n'occuperait pas plus de 6×4, soit
carrés, ce qui, à raison de 100 *f*, le mètre carré, donnerai
dépense de 2 400 à 3 000 *f*, si l'on était obligé de faire une
truction spéciale.

La deuxième installation *(fig. 3, 4, 5 et 6, Pl. 58)* compren
machine dynamo compound tournant à 500 tours, actionné
courroie au moyen d'un moteur monocylindrique de 20 *ch* f
160 tours. Une chaudière placée dans une salle contiguë
réservoir d'eau de 2 m^3 complètent cette petite usine qui peu
menter 10 lampes à arc de 8 ampères et 50 lampes à incandes
de 16 bougies, ce qui répond aux besoins d'une gare moyen

L'intensité à fournir étant :

Pour 14 lampes en 7 groupes de 2 arcs en série : $7 \times 8 = 56$ ampères . 56
Pour 60 lampes à incandescence à 0,56 ampère : $60 \times 0{,}56 = 33{,}6$ ampères. 33,6

TOTAL. 89,6

soit 90 ampères.

Et la tension de distribution étant de 110 volts, il faut fou
90 ampères $\times$ 110 volts = 9 900 watts.

La dynamo doit avoir une puissance de $9\,900 \times \frac{100}{90} = 11\,000$
et le moteur doit être d'une force de $9\,900 \times 0{,}001818 = 17$,
soit, en nombre rond, de 20 *ch*.

L'usine occupe un espace de $8 \times 7 = 56$ m^2 ; la chemin
tôle a 15 *m* de hauteur, et le prix du bâtiment, à 100 *f* le
carré, ressort à 5 600 *f*, soit, en nombre rond, 6 000 *f*.

ÉVALUATION DES DÉPENSES ANNUELLES

Les dépenses annuelles d'exploitation comprennent :

1° L'intérêt du capital de premier établissement ;

2° L'amortissement des installations ;

3° L'entretien de la canalisation, des machines, du bâti

4° La force motrice : combustible, graissage, personn
l'usine ;

5° L'entretien, la surveillance des lampes, l'usure des cr
polaires des lampes à arc, le remplacement des lampes à i
descence.

Les dépenses des chapitres 1, 2, 3 sont indépendantes du n

d'heures d'éclairage ; elles jouent un rôle d'autant plus important dans le prix de revient du kilowatt-heure que le nombre des heures d'éclairage est moindre.

Les dépenses des chapitres 4 et 5 sont fonction de la durée de l'éclairage annuel.

Cette durée varie pour les gares de chemins de fer de 1 500 à 2 200 et 4 000 heures.

Une gare n'ayant pas de service de nuit éteint ses lumières de 10 heures à minuit. En observant que l'on allume les foyers vers 5 heures du soir pendant la moitié de l'année, à 7 heures pendant l'autre moitié de l'année, on arrive à une durée annuelle d'éclairage de 1 500 à 2 200 heures.

Une gare ayant un service de nuit éteint ses feux à 7 heures du matin pendant la moitié de l'année, à 5 heures du matin pendant l'autre moitié de l'année, ce qui donne des durées d'éclairage journalières de 14 et 10 heures et conduit à une durée d'éclairage annuel de 4 000 heures environ ; on peut compter sur une durée réelle de $4\,000 \times \frac{5}{6} = 3\,300$ heures effectives, en multipliant par le coefficient $\frac{5}{6}$ afin de tenir compte de l'extinction de certains foyers pendant les périodes de nuit où la gare ne reçoit ni n'expédie de trains.

C'est donc d'après ces bases qu'il convient de calculer les dépenses proportionnelles aux nombres d'heures d'éclairage.

Voici maintenant les taux et bases qui paraissent devoir être admis pour l'évaluation des frais annuels d'exploitation.

1° *Intérêt du capital de premier établissement* 5 0/0

2° *Amortissement des installations* :

Amortissement de la canalisation (fils, poteaux, isolateurs et tableaux de distribution à l'usine et dans la gare) 5 0/0

Amortissement du matériel mécanique et électrique (chaudières, machines à vapeur, dynamos). 8 0/0

Amortissement des lampes à arcs et de leurs supports. 8 0/0

Amortissement de l'appareillage des lampes à incandescence. 8 0/0

Amortissement du bâtiment de l'usine. 5 0/0

3° *Entretien de la canalisation, des machines, du bâtiment* :

Entretien de la canalisation (fils, poteaux, isolateurs et tableaux de distribution). 3 0/0

Entretien du matériel mécanique et électrique (chaudières, machines à vapeur et dynamos) 5
Entretien du bâtiment de l'usine 3

4° Force motrice (combustible, graissage, personnel :

Consommation de houille et graissage. — En se plaçant dans le le plus défavorable, c'est-à-dire en admettant que la chaudière vaporise pas plus de 6 *kg* de vapeur par kilogramme de houill que la machine consomme 16 *kg* de vapeur par cheval, il fau brûler par cheval-heure $\frac{16}{6} = 2{,}7$ *kg* de houille, soit 3 *kg* en nom rond.

En comptant 0,01 *f* par force de cheval pour le graissage et chiffons, on arrive aux dépenses suivantes par cheval-heure, vant que le prix de la houille varie de 15 à 30 *f* la tonne :

	Prix par cheval-heure (Houille et graissage.
La houille étant à 15 *f* la tonne.	0,055 *f*
— 18 —	0,064
— 20 —	0,070
— 25 —	0,053
— 30 —	0,100

Personnel de l'usine. — Si l'usine contient une ou deux dynar actionnées par un ou par deux moteurs, et si la gare n'a pas service de nuit, il suffira de deux agents :

Un chauffeur-mécanicien à	2 000 *f*
Un électricien à	1 800
TOTAL	3 800 *f*

Si la gare de même importance que la précédente a un serv de nuit complet, il faudra prévoir trois agents, savoir :

2 chauffeurs-mécaniciens à 2 000 *f*.	4 000
1 électricien à	1 800
TOTAL	5 800 *f*

Si enfin la gare est importante, ce qui implique l'existence d'u usine ayant plusieurs moteurs, plusieurs dynamos et un serv de nuit complet, on devra compter cinq agents, savoir :

3 chauffeurs-mécaniciens à 2 000 *f*.	6 000 *f*
2 électriciens à 1 800 *f*	3 600
TOTAL	9 600 *f*

La question des frais de personnel est donc à considérer d chaque cas particulier.

5° *Entretien et surveillance des lampes :*

On pourra prendre pour estimation de ces dépenses les chiffres suivants qui résultent de relevés faits sur plusieurs installations d'éclairage en exploitation régulière.

Lampes à arc (dépense horaire par foyer) :

Usure des crayons polaires	0,023 *f*
Entretien, réparations, surveillance, pose de crayons.	0,029
TOTAL	0,052 *f*

Lampes à incandescence (dépense horaire par lampe) :

Entretien, surveillance, réparations à l'appareillage	0,002 *f*
Remplacement des lampes	0,002
TOTAL	0,004 *f*

Le prix de 0,002 *f* par lampe-heure pour le remplacement suppose que la lampe coûte 2 *f* et qu'elle dure en moyenne 1 000 *h*.

APPLICATION

EXEMPLE D'ÉTABLISSEMENT D'UN AVANT-PROJET POUR UNE GARE DE MOYENNE IMPORTANCE

(Dépenses de premier établissement et frais annuels d'exploitation).

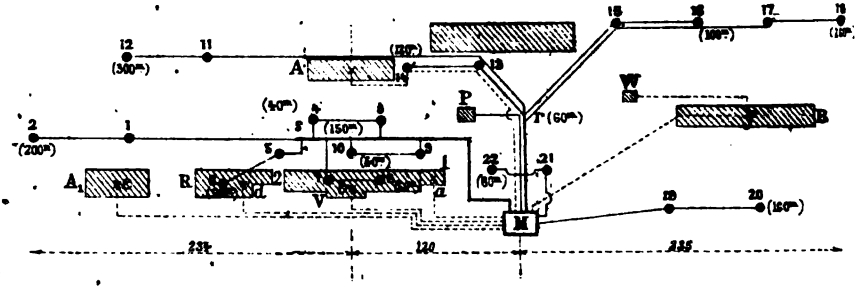
Nous calculons, à titre d'exemple, un avant-projet d'éclairage pour une gare importante comprenant : 22 lampes à arc de 8 ampères disposées par groupes de deux lampes en série et 174 lampes à incandescence de 16 bougies, réparties comme suit *(voir la figure ci-après)* :

Bâtiment des voyageurs V	44
Annexe n° 1	5
Annexe n° 2	4
Halle aux marchandises A	31
Halle aux marchandises B	31
Bureau de la halle B	33
Remise aux locomotives R	14
Remise aux locomotives A	7
Salle des machines M	3
Poste d'aiguilleur P	1
Water-closets W	1
TOTAL	174

Tracé et calcul de la canalisation. — Le plan ci-après indique le tracé de la canalisation. Les conducteurs sont aériens ; les traits pleins représentent les fils des lampes à arc (numérotées de 1 à 22), les traits interrompus représentent le tracé des conducteurs des lampes à incandescence. Le tableau de distribution est placé dans le bâtiment M qui renferme les moteurs et les dynamos. On

a pris pour le circuit des lampes à arc, des conducteurs communs (aller et retour) Ms et Mr, ce qui simplifie la pose.

On peut admettre une perte de tension de 3 volts dans les con-



ducteurs principaux et de 2 volts dans les dérivations, soit au total 5 volts, ou 5 volts dans les conducteurs principaux et 5 volts dans les dérivations, soit au total 10 volts.

Nous ferons le calcul dans ces deux hypothèses:

1° *Calcul des circuits des lampes à arc :* (Voir le tableau ci-contre.)

La longueur totale des conducteurs est de 3 200 *m* et le poids du cuivre est, dans la première hypothèse, de 859 *kg* en nombre rond, dans la deuxième hypothèse de 511 *kg*, dont l'intérêt et l'amortissement à 0,13 *f* représentent une dépense annuelle de 111,67 *f* dans le premier cas et de 66,43 *f* dans le deuxième cas.

Il convient de mettre en regard de ces chiffres la dépense annuelle qui résultera de l'adoption d'une perte de charge de 5 volts ou de l'adoption d'une perte de 10 volts.

Les 22 lampes de 8 ampères groupées par deux en série exigent $11 \times 8 = 88$ ampères.

On perdra donc en énergie électrique, suivant les deux cas:

1° Avec 5 volts, $88^a \times 5^v = 440$ watts;

2° Avec 10 volts, $88 \times 10 = 880$ watts

qui, multipliés par le nombre annuel des heures d'éclairage 2 600, et par 0,40 *f*, prix approximatif du kilowatt-heure, donnent les chiffres de dépenses annuelles de :

1° Avec 5 volts : $0^{kw}440 \times 2\,600\,h \times 0f\,40 = 457,60f$.

2° Avec 10 volts : $0,880 \times 2\,600 \times 0,40 = 915,20f$.

Il est donc évident que, malgré la plus forte dépense de premier établissement qui résulte du choix d'une perte de tension de

1° Calcul des circuits des lampes à arc.

	l	L	I	PERTE DE CHARGE TOTALE DE 5 VOLTS						PERTE DE CHARGE TOTALE DE 10 VOLTS					
				ε	s	S	d	p	P	ε	s	S	d	p	P
Ms	150	300	40	3	1,69	67,6	9,5	0,63	189,00	5	1,02	40,80	7,5	0,393	117,90
s — 1 — 2	200	400	8	2	3,40	27,2	6	0,252	100,80	5	1,36	10,88	4	0,111	44,40
s — 3 — 4	40	80	8	2	0,68	5,44	3	0,063	5,04	5	0,27	2,16	1,8	0,022	1,76
s — 5 — 6	50	100	8	2	0,85	6,80	3	0,063	6,30	5	0,34	2,72	1,8	0,022	2,20
s — 7 — 8	60	120	8	2	1,02	8,16	3,5	0,085	10,20	5	0,41	3,28	2	0,028	3,36
s — 9 — 10	40	80	8	2	0,68	5,44	3	0,063	5,04	5	0,27	2,16	1,8	0,022	1,76
Mr	60	120	32	3	0,68	21,76	5,5	0,212	25,44	5	0,41	13,12	4,5	0,142	17,04
r — 11 — 12	300	600	8	2	5,10	40,80	7,5	0,393	238,80	5	2,04	16,32	5	0,175	105,00
r — 13 — 14	120	240	8	2	2,04	16,32	5	0,175	42,00	5	0,82	6,56	3	0,063	15,12
r — 15 — 16	100	200	8	2	1,70	13,60	4,5	0,142	28,40	5	0,68	5,44	3	0,063	12,60
r — 17 — 18	260	520	8	2	4,42	35,36	7	0,343	178,36	5	1,77	14,16	4,5	0,142	73,84
M — 19 — 20	160	320	8	5	1,09	8,72	3,5	0,085	27,20	10	0,55	4,40	2,5	0,044	14,08
M — 21 — 22	60	120	8	5	0,41	3,28	2,5	0,044	5,28	10	0,20	1,60	1,5	0,016	1,92
								Totaux	858,86						510,98

Les lettres placées en tête des colonnes ont la signification indiquée page 315.

5 volts, il est préférable d'adopter cette perte puisque les dépenses annuelles seront :

1° Avec 5 volts : $111,67 + 457,60 = 569,27 f.$

2° Avec 10 volts : $66,43 + 915,20 = 981,63 f.$

Si on faisait la même comparaison en ce qui concerne les lampes à incandescence, on arriverait à la même conclusion ; car en raison du nombre considérable des heures d'éclairage, la perte d'énergie dans la canalisation joue un rôle prépondérant.

2° *Calcul des circuits des lampes à incandescence :*

La perte admise dans la canalisation étant de 5 volts au total et les lampes étant d'un voltage de 100 volts, les dynamos devront fonctionner à 105 volts. En se reportant aux considérations développées plus haut (calcul des canalisations, exemple n° 4), on est conduit à desservir les lampes de chacun des bâtiments par une dérivation spéciale, ainsi que l'indique le croquis.

Nous admettrons une perte de tension de 3 volts dans les conducteurs principaux, de 1,5 volt dans les conducteurs secondaires et 0,5 volt dans les branchements des lampes. Pour le conducteur MP qui alimente une seule lampe, on prendra la perte de charge totale de 5 volts.

Conducteurs principaux. — Le tableau suivant donne le calcul des conducteurs principaux en fils de cuivre nu :

CONDUCTEURS	l	ε	s	I	S	d	p	L	P
Ma (5 lamp.)	100	3	1,13	3	3,39	2,3	0,036	200	7,200
Mb (44 —)	120	3	1,35	25	33,75	6,6	0,304	240	22,960
Md (11 —)	180	3	2,04	7	14,28	4,3	0,129	360	46,440
Me (14 —)	320	3	3,61	8	28,88	6,1	0,260	640	166,400
MA (31 —)	180	3	2,04	18	36,72	6,9	0,332	360	119,520
MP (1 —)	80	5	0,55	0,56	0,308	1	0,006	160	0,960
Mf (64 —)	170	3	1,92	36	69,12	9,4	0,617	340	209,780
fW (1 —)	80	2	1,36	0,56	0,76	1	0,006	160	0,960
							TOTAUX.	2460	574,220

Il faudra donc 574,22 *kg* de cuivre pour les 2 460 *m* de conducteurs principaux.

Conducteurs secondaires et tertiaires. — En groupant les lampes à incandescence, dans chaque bâtiment, à raison de 5 lampes desservies par un conducteur secondaire, on aura :

Dans le bâtiment des voyageurs	44 : 5 =	9 groupes
» l'annexe n° 1	5 : 5 =	1 »
» la remise R et l'annexe n° 2	11 : 5 =	2 »
» la remise A_1.	14 : 5 =	3 »
» la halle A	31 : 5 =	6 »
» la halle B et les bureaux.	64 : 5 =	13 »
TOTAL. . . .		34 groupes

En admettant pour chaque conducteur secondaire une longueur moyenne de 60 *m* (aller et retour), on aura $34 \times 60 = 2040$ *m* de fils recouverts de 2 *mm* de diamètre (ce diamètre résulte d'un calcul précédent).

Enfin en comptant pour chaque lampe un branchement de 20 *m* (aller et retour) de fils recouverts de 1 *mm* de diamètre, on aura une longueur totale de $174 \times 20 = 3480$ *m* de fils tertiaires.

On peut dès lors dresser ainsi le devis des frais de premier établissement de la canalisation.

1° *Lampes à arc.*

Conducteurs en fils de cuivre nu, 859k à 3f	2.577 » *f*
20 poteaux en bois à 10 fr. 50 pose comprise	210 »
40 isolateurs double cloche à 2 francs.	80 »
Pose 10 0/0 de (2577 + 80)	265 70
TOTAL	3.132 70

2° *Lampes à incandescence.*

Conducteurs principaux : 574k de cuivre à 3 *f*. . . .	1.722 » *f*
5 poteaux en bois à 10,50 *f* pose comprise.	52 50
20 isolateurs à 2 *f*	40 »
Conducteurs secondaires de 2 *mm* : 2040 *m* à 325 *f* le kilomètre	664 »
Branchements tertiaires des lampes en fils de 1 *mm* : 3 480 *m* à 155 *f* le kilomètre	539 40
Pose 10 0/0 de (1722 + 40 + 663 + 639 40) . . .	296 44
TOTAL . . .	3.313 34

Tableaux de distribution. — Il faudra deux tableaux, l'un pour les lampes à arc, l'autre pour les lampes à incandescence à 500 *f* chaque . . . . . 1 000 *f*

Le prix de revient de la canalisation et des tableaux ressort par

ampère distribué à. . . . . $\frac{7\,446}{186} = 40\,f$

Le prix par lampe à arc est de. . . . . $\frac{3\,633}{22} = 165$

Le prix par lampe à incandescence . . . . . $\frac{3\,813}{174} = 22$

Lampes à arc. — Sur les 22 lampes à arc, 8 seront suspendues aux charpentes des bâtiments et 14 seront portées par des poteaux en bois de 10 *m* de hauteur, on aura donc :

22 lampes avec leur appareillage à 200 *f*. 4400
14 poteaux en bois et accessoires à 50 *f*. 700
} 5100 *f*

Lampes à incandescence. — La lampe étant comptée à 2 *f* pièce et l'appareillage à 15 *f* en moyenne, on aura $174 \times 17 = 2958$ *f*, soit 3 000 *f*.

Dynamos. — On a 11 groupes de deux lampes à arc en série : chaque groupe exige 8 ampères. On doit donc fournir :

Pour les lampes à arc. . . . . $8^a \times 11 = 88$
» » à incandescence . $0{,}56 \times 174 = 97{,}44$
} $185^a\ 44$

soit en nombre rond 186 ampères sous une tension de $100 + 5 = 105$ volts, ce qui donne une puissance de $186 \times 105 = 19\,530$ watts.

1° On peut prendre une dynamo spéciale pour les arcs et une dynamo pour l'incandescence; la première aura une puissance de : $\frac{88^a \times 105^v \times 100}{90} = 10\,266$ watts et la deuxième de $\frac{98 \times 105 \times 100}{90} = 11\,442$ watts, coûtant chacune 1 900 *f*, soit ensemble 3 800 *f*.

2° On peut prendre une seule dynamo de $19\,530 \times \frac{100}{90} = 21\,700$ watts coûtant 3 800 *f*.

3° On peut enfin, pour assurer le secours dans de bonnes conditions, prendre 3 dynamos ayant chacune une puissance de 11 000 watts et coûtant ensemble $3 \times 1\,900 = 5\,700$ *f*. Deux dynamos serviront pour le service courant; la 3e sera de réserve.

Cette troisième solution est préférable. . .

Moteurs. — Chaque dynamo sera actionnée par un moteur spécial dont la force en chevaux nominaux sera de (1) :

$$\frac{10\,530^w \times 0{,}001818}{2} = 17{,}75\ ch,\ \text{soit}\ 20\ ch.$$

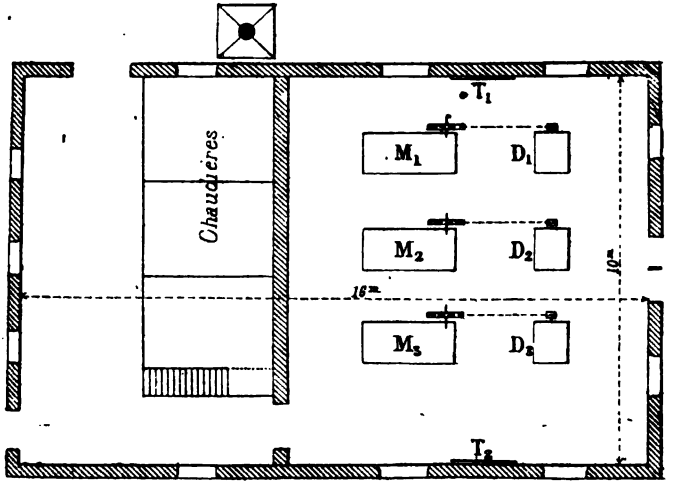
On prendra une machine monocylindrique horizontale avec condenseur, coûtant 3 860 *f*, soit 4 000 *f* en comptant la courroie.

Ce qui donne pour les moteurs une dépense de 12 000 *f*.

Chaudières. — On prendra 3 chaudières horizontales de 20 *ch*, coûtant chacune 2 800 *f*, soit 3 000 *f* avec accessoires, ce qui donne une dépense totale de 9 000 *f*.

(1) Voir la formule $P' = w \times 0{,}001818$ établie plus haut au chapitre « *Moteurs* », page 328.

Bâtiment. — Le bâtiment auquel on peut donner la disposition représentée sur le croquis ci-dessous aurait $16 \times 10 = 160\ m^2$ qui, au prix de 100 *f* le mètre, donne une dépense de 16 000 *f*.



Le *devis des frais de premier établissement* s'établit donc comme suit :

Frais de premier établissement.

Canalisation (arcs)	3.133 *f*	
Canalisation (incandescence)	3.313	7.446 *f*
Tableaux de distribution	1.000	
Lampes à arc et poteaux supports	5.100	
Lampes à incandescence et appareillage	3.000	8.100
Dynamos	5.700	
Moteurs	12.000	
Chaudières	9.000	26.700
Bâtiment	16.000	16.000
Somme à valoir, imprévu		1.760
TOTAL		60.000 *f*

Évaluation des dépenses annuelles. — La gare étant supposée avoir un service arrêté à minuit, nous compterons sur une marche de 6 heures par jour pendant la moitié de l'année et de 8 heures pendant l'autre moitié, soit au total 2 600 heures, en nombre rond.

En appliquant pour le calcul des dépenses annuelles, les coefficients indiqués plus haut, et en admettant que la houille soit à 25 *f* la tonne, nous arrivons aux résultats suivants :

1° *Intérêt du capital de 1er établissement.*

60.000 francs à 5 0/0 . . . . . 3.000 » *f.*

2° *Amortissement des installations.*

Canalisation et tableaux : 7 446 *f* à 5 0/0 . .	372 30 *f*	
Matériel mécanique et électrique de l'usine : 26 700 *f* à 8 0/0	2.136 »	3.925 10
Lampes à arc et supports : 5 100 *f* à 8 0/0 .	408 »	
Appareillage des lampes à incandescence : 2 610 *f* à 8 0/0	208 80	
Bâtiment de l'usine : 16 000 *f* à 5 0/0 . . .	800 »	

3° *Entretien de la canalisation, des machines et du bâtiment.*

Canalisation et tableaux : 7 446 à 3 0/0. . .	223 38	
Matériel mécanique et électrique de l'usine : 26 700 *f* à 5 0/0.	1.335 »	2.038 38
Bâtiment de l'usine : 16 000 *f* à 3 0/0	480 »	

4° *Force motrice (combustible, graissage) et personnel de l'usine.*

Consommation de houille et graissage, à 0,083 *f* par cheval-heure, pour 40 chevaux pendant 2 600 heures : 2 600 × 40 × 0,083	9.432 »	13.232 »
Personnel de l'usine : 2 agents	3.800 »	

5° *Entretien et surveillance des lampes à arc et à incandescence.*

Lampes à arc, 22 lampes à 0,052 *f* par heure, pendant 2 600 heures: 2 600 × 22 × 0,052	2.974 40	4.784 »
Lampes à incandescence : 174 lampes à 0,004 par heure pendant 2 600 heures: 2600×174×0,004	1.809 60	

TOTAL DES FRAIS ANNUELS. . . .	26.979 48
SOIT EN NOMBRE ROND	27.000 »

L'énergie électrique consommée par les lampes et les pertes admises dans la canalisation sont au total de 19 530 watts, soit pour 2 600 heures annuelles $19\,530^{w} \times 2\,600^{h}$ ou 49 878 kilowatts-heure, ce qui donne :

Pour le prix de revient du kilowatt-heure : $\frac{27\,000}{49\,878} = 0{,}53\,f$

pour le prix de la lampe à arc heure $0^{kw}\ 420 \times 0{,}53 = 0{,}2226\,f.$

et pour le prix de la lampe à incandescence-heure. . . . . $0^{kw}\ 0588 \times 0{,}53 = 0{,}0312\,f.$

Il est intéressant de se rendre compte du prix de revient de l'énergie électrique, au sortir de l'usine ; il se compose :

De l'intérêt du capital engagé dans l'usine, soit : 26 700 + 1 000 + 16 000 × 0,05.	2.185
Amortissement du matériel mécanique et électrique	2.136
Amortissement du bâtiment	800
Entretien du matériel mécanique et électrique.	1.335
Entretien du bâtiment.	480
Force motrice (combustible, graissage) et personnel de l'usine	13.232
TOTAL	20.168

Ce qui donne pour le kilowatt-heure : $\frac{20168}{49878} = 0{,}40\,f.$

De sorte que, dans les conditions où nous nous sommes placés, l'intérêt, l'amortissement, l'entretien de la canalisation et des lampes, l'usure des charbons des lampes à arc et le remplacement des lampes à incandescence, ainsi que la main-d'œuvre pour la surveillance et le nettoyage des appareils, représentent 0,13 *f* par kilowatt-heure soit 0,0546 *f* par lampe à arc et par heure, et 0,00765 *f* par lampe à incandescence et par heure.

Les prix de revient calculés plus haut correspondent à 0,00556 *f* par carcel-heure de lampe à arc, et à 0,0195 *f* par carcel-heure de lampe à incandescence.

EXEMPLES D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DE GARES.

PRIX DE REVIENT

Dans ce qui va suivre, nous allons établir le devis des frais d'installation et des frais d'exploitation de l'éclairage électrique dans un certain nombre de gares de petite, moyenne et grande importance, afin de nous rendre compte des prix de revient de la lumière électrique dans les différents cas de la pratique.

L'amortissement du matériel mécanique et électrique étant calculé en dix années, la Compagnie du chemin de fer reste libre de traiter avec un entrepreneur se chargeant à ses frais, risques et périls, de fournir l'énergie électrique nécessaire pendant dix ans, à un prix convenu par kilowatt, et installant, dans un bâtiment construit par la Compagnie, sur son terrain, les dynamos, moteurs et chaudières productrices du courant. L'installation mécanique et électrique étant amortie en dix ans, peut faire gratuitement retour à la Compagnie au bout de ce temps. Au prix du kilowatt calculé, en tenant compte de l'amortissement des dépenses qui incombent à l'entrepreneur, il faudrait ajouter, bien entendu, le bénéfice de celui-ci. Quant à la canalisation, à la fourniture, à l'entretien des lampes et de leur appareillage, au remplacement des crayons polaires des lampes à arc et au remplacement des lampes à incandescence, ce sont là des travaux et des dépenses qu'il est naturel de laisser à la charge de la Compagnie par assimilation avec la méthode suivie partout pour l'éclairage au gaz.

Dans le cas où l'énergie électrique serait fournie par une usine établie dans la localité en dehors des emprises de la Compagnie et installée en vue de l'éclairage public, on peut apprécier, à l'aide des prix de revient calculés pour l'énergie électrique, le

taux auquel on peut acheter cette énergie. Ce taux sera naturellement inférieur à celui qui est calculé dans l'hypothèse d'une installation spéciale pour la gare, puisque l'usine créée en vue d'un service public verra ses frais généraux diminuer rapidement à mesure que sa production sera plus grande, que l'amortissement du matériel mécanique et électrique pourra se faire en un plus grand nombre d'années, et enfin que les frais résultant de l'emploi d'un matériel de secours se répartissant sur un nombre plus grand de kilowatts produits annuellement, grèvera moins le prix de revient réel de l'énergie électrique.

1er exemple *(fig. 17, Pl. 57)*. — **Éclairage d'une gare de bifurcation de faible importance, mais ayant un service de nuit complet.**

La durée annuelle de l'éclairage est de 4 000 heures. L'éclairage comprend 44 lampes à incandescence, dont 21 de 16 bougies, 23 de 10 bougies remplaçant un nombre égal de lampes à pétrole. Les lampes de 16 bougies seraient destinées à l'éclairage des quais et de la cour, les lampes de 10 bougies serviraient à l'éclairage intérieur. Nous supposerons que la gare possède une machine fixe pour l'élévation des eaux, que la chaudière de cette machine suffit et le matériel à fournir se réduit ainsi au moteur et à la dynamo qu'on placera dans le local de la machine fixe agrandi à cet effet; enfin les lampes seraient placées dans les lanternes existantes, ce qui supprimerait les frais d'appareillage.

Les lampes fonctionneraient à 100 volts; on admet 10 volts de perte de charge : 8 volts dans les conducteurs principaux, 2 volts dans les conducteurs secondaires et tertiaires.

On aura à fournir :

Pour 21 lampes de 16 bougies, $21 \times 0{,}56$ ampères = ...	11,76 ampères.
— 23 — 10 — $23 \times 0{,}35$ — = ...	8,05 —
TOTAL.	19,81 ampères.

Soit 20 ampères.

Énergie électrique nécessaire : 20×110 volts $= 2\,200$ watts.

Puissance de la dynamo $2\,200 \times \frac{100}{90} = 2\,420$ watts.

Puissance du moteur $2\,200 \times 0{,}001818 = 3{,}99$, soit 4 *ch.*

Devis des frais de premier établissement.

Canalisation et tableau de distribution		1 500 *f*
Lampes et supports dans les lanternes existantes $44 \times 5\ f$ = ...		220
Moteur à vapeur et transmission.	3 500	4 100
Dynamo de 2 500 watts	600	
Bâtiment (allongement d'un bâtiment existant)		3 000
Frais divers, imprévu		1 180
TOTAL.		10 000 *f*

Soit, par ampère, pour la canalisation et le tableau, 75 *f*.

Soit, par lampe, pour l'installation complète, 39 *f*.

Dépenses annuelles.

1° *Intérêt du capital 5 0/0 de 10 000 f*		500 *f*
2° *Amortissement des installations :*		
Canalisation et tableau 5 0/0 de 1 500 *f*	75	574
Matériel mécanique et électrique 8 0/0 de 4 100 *f*	328	
Appareillage 8 0/0 de 44 × 3 *f*, soit de 132 *f*	11	
Bâtiment 5 0/0 de 3 000 *f*	150	
3° *Entretien de la canalisation, des machines, du bâtiment :*		
Canalisation et tableau 3 0/0 de 1 500 *f*	45	340
Matériel mécanique et électrique 5 0/0 de 4 100 *f*	205	
Bâtiment 3 0/0 de 3 000 *f*	90	
4° *Force motrice (combustible, graissage) personnel :*		
4 *chx* pendant 4 000 heures à 0,083 par cheval-heure	1 328	3 328
1 agent à l'usine	2 000	
5° *Entretien, surveillance, remplacement des lampes :*		
44 lampes pendant 4 000 heures à 0,004 *f* la lampe-heure		704
TOTAL		5 446 *f*

Soit 5 500 *f*.

L'énergie fournie annuellement est de 2 200 watts × 4 000 heures = 8 800 000 watts.

Le kilowatt ressort à $\frac{5\,500}{8\,800} = 0{,}625\ f$ et la lampe-heure à 0,0312 *f*.

L'énergie électrique, abstraction faite des dépenses d'installation et des lampes, de l'entretien et du remplacement des lampes, revient à 4 515 *f* par an, soit par kilowatt $\frac{4\,515}{8\,800} = 0{,}513\ f$.

Ces dépenses grèvent donc le prix total du kilowatt de 0,112 *f*. La carcel-heure ressort à 0,0243 *f*.

Le bec pétrole de 10 bougies coûte, tous frais compris, 0,0135 *f*, c'est-à-dire près de 2,3 fois moins que le bec électrique, dont la puissance lumineuse est en moyenne de $\frac{16+10}{2} = 13$ bougies.

L'installation d'un moteur et d'une dynamo ne se justifie donc pas bien dans le cas considéré, malgré les conditions favorables dans lesquelles on se trouve placé.

Si l'énergie électrique était fournie à 0,35 *f* le kilowatt, le prix total de ce kilowatt serait de 0,35 + 0,112 = 0,462 *f*, et le bec moyen, de 13 bougies, qui exige 0,05 kilowatts, coûterait 0,05 × 0,462 = 0,0231 *f* par heure, prix acceptable.

2e exemple. — Éclairage d'une gare de moyenne importance avec service limité à minuit. Durée d'éclairage annuel : 2 600 heures (1).

L'éclairage comprend 22 lampes à arc de 8 ampères, montées par groupes de deux en série, et 174 lampes de 16 bougies *(fig. p. 338)*. Les machines dynamos sont placées en M; la tension de distribution est de 105 volts, avec une perte de charge de 5 volts.

Le calcul de cette distribution a été donné plus haut en détail à titre d'exemple et on a trouvé que :

Le prix du kilowatt-heure tout compris était de . . . . . 0,53 *f*
— . (énergie électrique seule). . . . 0,40

ce qui donnait :

Pour le coût de la lampe à arc-heure de 8 ampères. . . . . 0,2236 *f*
— heure à incandescence de 16 bougies . 0,0312
— carcel-heure (arc). 0,00556
— — (incandescence). 0,01950

3e exemple. — Éclairage d'une gare importante avec service de nuit limité. Durée de l'éclairage annuel : 3 000 heures.

L'éclairage comprend 62 lampes à arc groupées par deux en série et 135 lampes à incandescence. La tension de distribution est de 110 volts, y compris une perte de charge de 10 volts *(fig. 16, Pl. 57)*. Les lampes dont les puissances sont indiquées ci-dessous absorbent au total 209 ampères, soit :

36 lampes à arc de 8 ampères par deux en série	$8 \times 18 =$	144	209 ampères.
26 — 5 —	$5 \times 13 =$	65	
(Une lampe à arc de 8 ampères sert à l'éclairage de l'usine et une de 5 ampères est affectée aux dynamos et au tableau de distribution.)			
135 lampes à incandescence de 16 bougies	$135 \times 0{,}56 =$	75,6	—
TOTAL.			284,6 ampères.

(1) La gare de Bienne (Suisse), que nous avons prise comme type pour l'étude complète de l'éclairage d'une gare de moyenne importance, est pourvue d'une distribution comprenant 22 lampes à arc dont 8 de 6 ampères et 14 de 8 ampères, et 121 lampes à incandescence dont 50 de 10 bougies, 65 de 16 bougies et 6 de 25 bougies, soit en moyenne 121 lampes de 14 bougies. D'après les renseignements qui nous ont été fournis, les frais de cette installation se sont élevés à 47 406 *f*. Les frais annuels d'exploitation sont de 9 606 *f*. La durée annuelle de l'éclairage est de :

165 000 heures pour les lampes à incandescence;
14 065 — — à arc de 6 ampères;
17 985 — — à arc de 8 ampères.

Les lampes à incandescence absorbent en moyenne 51,5 watts, les lampes à arc de 6 ampères, 315 watts et les lampes à arc de 8 ampères 420 watts chacune.

Le prix de revient de l'éclairage électrique est de 0,469 *f* par kilowatt-heure. En tenant compte de l'intérêt et de l'amortissement des installations, à 14 0/0, le prix de revient indiqué ci-dessus est augmenté de 0,324 *f*, de sorte que le prix total du kilowatt-heure est en réalité de 0,793 *f*.

Le prix de revient est donc par heure de :

4,1 centimes pour la lampes à incandescence;
25 — — à arc de 6 ampères.
33,3 — — à arc de 8 ampères.

L'énergie à fournir est de 284,6 amp. × 110 volts = 31 306 watts.

La canalisation et les tableaux étant comptés à 50 *f* par ampère coûteront 50 × 284,6 = 14 230 *f*.

Devis des frais de premier établissement :

Canalisation et tableaux		14 230 » *f*
Lampes à arc.		
62 lampes avec appareillage à 200 *f*	12 400 » *f*	18 910 »
31 suspensions à contrepoids à 160 *f*	4 960 »	
31 poteaux porte-lampes en bois de 10 *m* de haut à 50 *f* l'un, pose comprise	1 550 »	
Lampes à incandescence.		
135 lampes de 16 bougies à 2,50 *f*	337,50	2 362,50
Appareillage à 15 *f* par lampe	2 025 »	
Matériel mécanique et électrique.		

Puissance des dynamos 31 306 watts × $\frac{100}{90}$ = 34 785 watts.

On prendra : 3 dynamos de 22 000 watts, 2 pour le service courant, 1 de réserve ; 3 moteurs de $\frac{31\,306}{2}$ × 0,001818 = 28,46, soit de 30 *chx.* et 3 chaudières de 30 *chx.*

3 dynamos à 3 200 *f* chaque	9 600 »	41 700 »
3 moteurs à 7 000 —	21 000 »	
3 chaudières à 3 700 —	11 100 »	
Bâtiment de 12 × 12 = 144 *m*² à 100 *f* le mètre		14 400 »
Frais d'études et divers		1 397,50
TOTAL		93 000 » *f*

Dépenses annuelles :

1° *Intérêt du capital :* 93 000 *f* à 5 0/0		4 650 » *f*
2° *Amortissement des installations :*		
Canalisation et tableaux 5 0/0 de 14 230 *f*	711,50 *f*	6 469,30
Matériel mécanique et électrique 8 0/0 de 41 700 *f*	3 336 »	
Lampes à arc et supports 8 0/0 de 18 910 *f*	1 512,80	
Appareillage des lampes à incandescence 8 0/0 de 2 362,50 *f*	189 »	
Bâtiment de l'usine 5 0/0 de 14 400 *f*	720 »	
3° *Entretien de la canalisation, machines, bâtiment :*		
Canalisation et tableaux 3 0/0 de 14 230 *f*	426,90	2 943,90
Matériel mécanique et électrique 5 0/0 de 41 700 *f*	2 085 »	
Bâtiment de l'usine 3 0/0 de 14 400 *f*	432 »	
4° *Force motrice, combustible, graissage, personnel :*		
Consommation de houille et graissage à 0,083 par cheval-heure 30 *ch* × 2 × 3 000 heures × 0,083 =	15 140 »	22 340 »
Personnel de l'usine : 4 agents	7 200 »	
5° *Entretien, surveillance, remplacement des lampes :*		
Lampes à arc : 62 à 0,052 par heure pendant 3 000 heures	9 672 »	11 272 »
Lampes à incandescence : 135 à 0,004 par heure —	1 620 »	
TOTAL		47 695,20 *f*

L'usine fournit annuellement 31 306 watts × 3 000 heures = 93 918 000 watts.

Le prix du kilowatt est donc, tout compris, de $\frac{47\,695,20}{93\,918}$ = 0,50 *f*.

Le prix de l'énergie électrique, abstraction faite des dépenses

d'intérêt et d'amortissement de la canalisation, des lampes, du remplacement des crayons des lampes à arc, du remplacement des lampes à incandescence, de l'entretien de ce matériel, de la surveillance, est, pour les 93 918 kilowatts annuels, de 31 718 *f*, ce qui donne par kilowatt-heure $\frac{31\,718}{93\,918} = 0{,}33\ f.$

Les frais détaillés ci-dessus pour la canalisation et les lampes grèvent donc le prix de revient du kilowatt-heure de 0,17 *f*.

Le prix de revient horaire est le suivant pour les lampes des diverses catégories :

0,22 *f*	par arc de 8 ampères, soit	0*f*00550 par carcel-heure.
0,1375 —	5 — —	0,006875 —
0,0308	par lampe à incandescence de 16 bougies, soit . .	0,019 —

4e exemple *(fig. 15, Pl. 57).* — **Éclairage partiel d'une grande gare à voyageurs et d'une grande gare aux marchandises avec service de nuit. Durée de l'éclairage annuel : 3 000 et 4 000 heures.**

Examinons le cas d'une grande gare voyageurs et marchandises pourvue de becs de gaz, mais dont on veut éclairer certaines parties au moyen de lampes à arc de 8 ampères montées par groupes de deux en série. La figure 14, Planche 57, donne le plan de la gare et l'emplacement des foyers, au nombre de 38 pour la gare aux voyageurs et de 36 pour la gare aux marchandises ; au total, 74.

La distribution se fait à 110 volts, y compris une perte de charge de 10 volts. L'usine est située en A, entre les deux gares ; le courant est envoyé à un tableau de distribution placé dans chaque gare au centre de cette gare.

On admet une durée d'éclairage annuelle de 3 000 heures pour la gare aux voyageurs et de 4 000 heures pour la gare aux marchandises.

Le nombre d'ampères à fournir est de :

$$\left.\begin{array}{ll} \text{Gare aux voyageurs :} & \frac{38}{2} \times 8^{a} = 152 \\ \text{Gare aux marchandises :} & \frac{36}{2} \times 8^{a} = 144 \end{array}\right\} \text{296 ampères.}$$

L'énergie consommée est de $296^{a} \times 110^{v} = 32\,560$ watts.

Le calcul de la canalisation, en fils de cuivre nus, indique que le poids total de métal sera de 12 000 *kg*, soit une dépense de 36 000 *f*, et avec les poteaux et la pose 41 400 *f*, soit en nombre

rond 42 000 *f*. Avec les 3 tableaux de distribution la dépense peut être estimée à 44 000 *f*.

On prendra 3 dynamos d'une puissance individuelle de $110^{v} \times 150^{a} \times \frac{100}{90} = 18\,333$ watts, 3 moteurs de 35 *chx* chacun et 3 chaudières. Deux des unités électro-mécaniques seront affectées au service courant, la troisième servira de réserve.

Devis des frais de premier établissement.

Canalisation et tableaux de distribution			44 000 *f*
Lampes et supports :			
Gare aux voyageurs. . .	28 lampes suspendues à 250 *f*	7 000 *f*	12 150
	10 lampes sur poteaux en fer à 515 *f*.	5 150	
Gare aux marchandises.	25 lampes suspendues aux halles à 200 *f*	5 000	10 565
	11 lampes sur poteaux en fer à 515 *f*.	5 565	
Matériel mécanique et électrique :			
3 dynamos à 3 200 *f*		9 600	49 600
3 moteurs à 7 000 *f*		28 000	
3 chaudières à 4 000 *f*		12 000	
Bâtiment de $10 \times 18 = 180\ m^{2}$ à 100 *f* le mètre			18 000
Frais d'études et divers			2 685
TOTAL			137 000 *f*

Prix de la canalisation et des tableaux par ampère :

$$\frac{44\,000}{74 \times 8} = 74{,}20\ f.$$

Dépenses annuelles.

1° *Intérêt du capital* 5 0/0 de 137 000 *f*.			6 850 *f*
2° *Amortissement des installations :*			
Canalisation et tableaux, 5 0/0 de 44 000 *f*.		2 200 *f*	8 885
Matériel mécanique et électrique, 8 0/0 de 49 600 *f*		3 968	
Lampes à arc et supports, 8 0/0 de 22 715 *f*		1 817	
Bâtiment de l'usine, 5 0/0 de 18 000 *f*.		900	
3° *Entretien de la canalisation, machines, bâtiment :*			
Canalisation et tableaux, 3 0/0 de 44 000 *f*.		1 320	4 340
Matériel mécanique et électrique, 5 0/0 de 49 600 *f*		2 480	
Bâtiment de l'usine, 3 0/0 de 18 000 *f*		540	
4° *Force motrice (combustible, graissage) et personnel :*			
Consommation de houille et graissage à 0,083 *f* par cheval-heure :			
Gare aux voyageurs : $35\ ch \times 3\,000^{h} \times 0{,}083\ f =$	8 715 *f*	20 335	29 935
Gare aux marchandises : $35\ ch \times 4\,000^{h} \times 0{,}083\ f =$	11 620		
Personnel de l'usine : 5 agents		9 600	
5° *Entretien, surveillance, remplacement des crayons :*			
Dépense par lampe-heure : 0,052 *f*.			
Gare aux voyageurs : $38\ arcs \times 3\,000^{h} \times 0{,}052\ f$		5 928	13 416
Gare aux marchandises : $36\ arcs \times 4\,000^{h} \times 0{,}052$		7 488	
TOTAL.			63 426 *f*

L'usine doit fournir annuellement :

A la gare aux voyageurs :	152[a]	× 110[v] × 3 000[h]	=	50 160 000 watts.
A la gare aux marchandises :	144[a]	× 110[v] × 4 000[h]	=	63 360 000 —
		TOTAL.		113 520 000 watts.

Le kilowatt-heure revient à $\frac{63\,426}{113\,520} = 0{,}56\ f.$

Les frais relatifs à la production de cette énergie étant de 41 200 *f*, le prix du kilowatt, abstraction faite des dépenses afférentes à la canalisation et aux lampes, est de $\frac{41\,200}{113\,520} = 0{,}37\ f.$

Ainsi, dans le cas considéré, le prix de l'énergie électrique consommée dans les lampes est grevé de 0,19 *f* par kilowatt-heure, ce qui tient à la longueur considérable de la canalisation et au diamètre qu'il faut donner aux conducteurs pour conduire l'électricité aux lampes les plus éloignées.

Le prix moyen de la lampe-heure de 8 ampères ressort à 0,246 *f* et la carcel-heure coûte 0,00616 *f*.

5[e] exemple *(fig. 12 et 13, Pl. 57)*. — **Éclairage d'une gare de triage à simple entrée, à l'aide de lampes à arc de 8 ampères montées en série. Durée de l'éclairage annuel : 3 000 heures.**

La gare de triage, dont les figures 12 et 13 *(Pl. 57)* donnent les plans, a besoin pour être éclairée de 30 foyers à arc de 8 ampères et 45 volts aux bornes, distribués comme l'indique la figure 13.

L'usine est placée à l'une des extrémités de la gare et la grande longueur de cette dernière conduit à adopter un montage en série et l'emploi d'un courant de haute tension afin de diminuer autant que possible les frais de canalisation. Les lampes sont alimentées par deux circuits supportés tous deux par les mêmes poteaux auxquels sont suspendues les lampes. Le premier circuit dessert les 15 foyers qui portent les numéros impairs, le deuxième circuit dessert les 15 foyers portant les numéros pairs, de sorte que, si un accident survenait pour l'un des circuits, la gare ne serait pas plongée dans l'obscurité, les lampes alimentées par l'autre circuit continuant à fonctionner. Le retour se fait par un fil commun. Chaque circuit sera alimenté par une dynamo distincte.

La longueur de chacun des circuits est de 1 700 *m*. En adoptant une perte de tension de 10 volts, la section par ampère est de 2,93 mm^2, soit pour 8 ampères 23,44 mm^2, ce qui correspond à un fil de 5,5 *mm* de diamètre pesant 0,212 *kg* le mètre.

Le poids de cuivre est donc, pour un circuit, de 360 *kg*, ce qui conduit à une dépense de 1 080 *f*.

Examinons si la perte admise de 10 volts est rationnelle.

L'intérêt et l'amortissement en dix ans de 1 080 *f* est de 140 *f*. L'énergie perdue dans le circuit est de $10^{v} \times 8^{a} = 80$ watts, soit pour une marche annuelle de 3 000 heures de 240 000 watts qui, au prix de 0,40 *f* le kilowatt donnent 96 *f*.

La dépense annuelle est ainsi de $140 + 96 = 236$ *f*.

En se reportant à ce qui a été dit plus haut, il y a intérêt à augmenter cette dernière dépense (96 *f*) afin de diminuer l'intérêt et l'amortissement du coût de la canalisation, autrement dit à augmenter la perte de charge.

Si nous admettons 12 volts, la section nécessaire par ampère est de 2,40 mm^2 et pour 8 ampères de 19,2 mm^2 correspondant à un conducteur de 5 *mm* pesant 0,175 *kg* le mètre.

Le premier circuit exigera $1\,700\ m \times 175 = 297\ kg$ de cuivre coûtant 891 *f*, dont l'intérêt et l'amortissement représentent 115,83 *f*. La perte d'énergie sera annuellement de $12^{v} \times 8^{a} \times 3\,000^{h} = 288\,000^{wh}$ qui, à raison de 0,40 *f* le kilowatt, donnent 115,20 *f*, somme sensiblement égale à l'intérêt et à l'amortissement du prix du cuivre. La dépense totale sera de $115{,}83\ f + 115{,}20\ f = 231{,}03\ f$.

C'est donc un conducteur de 5 *mm* qu'il convient de choisir.

La tension du courant sera de $15\ l \times 45^{v} + 12 = 687$ volts. L'énergie à fournir à chaque circuit sera de $687 \times 8^{a} = 5\,496$, soit 5 500 watts. La dynamo devra avoir une puissance de :

$$\frac{5\,500 \times 100}{90} = 6\,111 \text{ watts.}$$

Le moteur aura une force de : $5\,500 \times 0{,}001818 = 9{,}9$, soit 10 *chx*. On prendra 3 unités (dynamo, moteur et chaudière), deux pour le service courant, la troisième pour la réserve.

Devis des frais de premier établissement.

Canalisation et tableaux.		3 200 *f*
Lampes : 30 lampes à arc et appareillage à 200 *f*.	6 000 *f*	7 500
5 suspensions dans la halle à 50 *f*	250	
25 poteaux-supports en bois de 12 *m* à 50 *f*.	1 250	
Matériel mécanique et électrique :		
3 dynamos à 1 400 *f*.	4 200	17 700
3 moteurs à 2 500 *f*.	7 500	
3 chaudières à 2 000 *f*.	6 000	
Bâtiment de $10 \times 12 = 120\ m^2$ à 100 *f* le mètre		12 000
Divers.		600
TOTAL.		41 000 *f*

Dépenses annuelles.

1° *Intérêt du capital* 5 0/0 de 41 000 *f.*		2 050 *f*
2° *Amortissement des installations :*		
Canalisation et tableaux 5 0/0 de 3 200 *f.*	160 *f*	2 776
Matériel mécanique et électrique 8 0/0 de 17 700 *f.*	1 416	
Lampes et supports 8 0/0 de 7 500 *f.*	600	
Bâtiment de l'usine 5 0/0 de 12 000 *f.*	600	
3° *Entretien de la canalisation, machines, bâtiment :*		
Canalisation et tableaux, 3 0/0 de 3 200 *f*	96	1 341
Matériel mécanique et électrique, 5 0/0 de 17 700 *f*	885	
Bâtiment de l'usine, 3 0/0 de 12 000 *f.*	360	
4° *Force motrice (combustible, graissage), personnel :*		
Houille et graissage, 0,083 *f* par cheval-heure pour 20 *chx* pendant 3 000 heures	4 980	8 780
Personnel, deux agents.	3 800	
5° *Entretien, surveillance, remplacement des crayons :*		
Prix par lampe-heure, 0,052 *f;* pour 29 lampes pendant 3 000 heures.		4 524
TOTAL.		19 471 *f*

On consomme annuellement :

$$2 \times 5\,500^{w} \times 3\,000^{h} = 33\,000\,000 \text{ watts.}$$

Le kilowatt ressort à $\frac{19\,471}{33\,000} = 0{,}59\ f.$

Les dépenses afférentes à la production de cette énergie étant de 13 526 *f*, le kilowatt coûte, au sortir de l'usine $\frac{13\,526}{33\,000} = 0{,}40\ f$, de sorte que les dépenses d'intérêt, d'amortissement, d'entretien, de surveillance et de charbons des lampes à arc, ainsi que les frais d'intérêt, d'amortissement et d'entretien de la canalisation entrent pour 0,19 *f* dans le prix du kilowatt consommé.

Le prix de la lampe-heure est de 0,2159 *f*, soit 0,216 *f* et le coût de la carcel-heure de 0,0054 *f*.

6e exemple *(fig. 14, Pl. 57).* — **Éclairage d'une gare de triage à double entrée, à l'aide de lampes à arc de 8 ampères montées en série. Durée de l'éclairage annuel : 4 000 heures.**

La gare de triage dont la figure 14, planche 57, donne le plan est éclairée par 45 lampes à arc de 8 ampères (45 volts aux bornes), montées en série et divisées en 3 groupes de 15 lampes chacun desservis par un circuit spécial.

La longueur (aller) de chacun des circuits est respectivement de 424, de 931 et 879 *m*.

Les dynamos et leurs moteurs peuvent être installés dans le local affecté aux moteurs de l'atelier du service de la traction,

situé au milieu de la gare ; les chaudières existantes pour l'alimentation des machines des ateliers peuvent fournir la vapeur nécessaire.

En adoptant une perte de charge de 10 volts, on a :

1er circuit :	section par ampère	1,4 *mm²* ;	pour 8a	11,2 *mm²* ;	fil de	4 *mm* ;	poids	0,111 *kg*
2e circuit :	—	3,16	—	25,28	—	6	—	0,251
3e circuit :	—	2,98	—	23,88	—	5,5	—	0,211

Poids du	1er	circuit	250 *kg*,	dont le prix à	3 *f*	le kilog. est :	750 *f*
—	2e	—	468	—	—		1 404
—	3e	—	371	—	—		1 113
						TOTAL.	3 267 *f*

En nombre rond : 3 300 *f*.

La tension de distribution sera de $15^{l} \times 45^{v} + 10^{v} = 685$ volts. On prendra 3 dynamos du même type dont la puissance sera de : $685^{v} \times 8^{a} \times \frac{100}{90} = 6\,088$ watts pour chacune. Il faudra 3 moteurs d'une puissance individuelle de $(685^{v} \times 8^{a}) \times 0{,}001818 = 9{,}96$, soit 10 *ch*.

On prendra une quatrième unité (dynamo et moteur) pour secours.

Devis des frais de premier établissement.

Canalisation et tableaux de distribution		5 000 *f*
Lampes et supports :		
45 lampes avec appareillage à 200 *f*	9 000	11 250
45 poteaux en bois à 50 *f*	2 250	
Matériel mécanique et électrique :		
4 dynamos à 1 400 *f*	5 600	15 600
4 moteurs à 2 500 *f*	10 000	
Somme à valoir, imprévu		1 150
TOTAL		33 000 *f*

Dépenses annuelles.

1° *Intérêt du capital*, 5 0/0 de 33 000 *f*		1 650 *f*
2° *Amortissement des installations :*		
Canalisation et tableaux 5 0/0 de 5 000 *f*	250	2 390
Matériel mécanique et électrique 8 0/0 de 15 600 *f*	1 248	
Lampes à arc et supports 8 0/0 de 11 250 *f*	900	
3° *Entretien de la canalisation et des machines :*		
Canalisation et tableaux 3 0/0 de 5 000 *f*	150	930
Matériel mécanique et électrique 5 0/0 de 15 600 *f*	780	
4° *Force motrice (combustible, graissage), personnel :*		
Consommation de houille et graissage à 0,083 par cheval-heure ; pour 30 *ch* pendant 4 000 heures	9 960	17 560
Personnel de l'usine : 4 agents	7 600	
5° *Entretien, surveillance, remplacement des crayons.*		
Dépense par lampe-heure 0,052 *f* ; pour 45 arcs pendant 4 000 heures		9 360
TOTAL		31 898 *f*

On fournit annuellement :

$5\,480^{w} \times 3 \times 4\,000^{h} = 65\,760\,000$ watts

Le kilowatt coûte donc, tout compris : $\frac{31\,898}{65\,760} = 0{,}48\,f$

Les dépenses afférentes à la production de l'énergie électrique seule sont de 20 368 *f*; soit par kilowatt $\frac{20\,368}{65\,760} = 0{,}30\,f$.

Les dépenses afférentes à l'intérêt, à l'amortissement et à l'entretien de la canalisation et des lampes, au remplacement des charbons, etc., grèvent donc le prix de revient du kilowat-heure de 0,18 *f*.

Le prix de revient de la lampe-heure de 8 ampères est de . . . . . 0,178 *f*

Et le carcel-heure ressort à . . . . . 0,00447 *f*

Nous résumons dans le tableau ci-après *(voir pages 358 et 359)* les résultats obtenus en dressant les devis des éclairages électriques des gares de petite et de moyenne importance.

CONCLUSION

Il ressort de notre étude que, dans le cas où nous nous sommes placés, c'est-à-dire lorsqu'il s'agit d'éclairer électriquement des gares de moyenne importance (1), ayant un nombre de foyers peu considérable (de 30 à 100 lampes à arc et de 50 à 300 lampes à incandescence), il faut compter sur un prix de revient net par kilowatt-heure variant de 0,30 *f* à 0,50 *f* pour l'énergie électrique seulement. A ce prix il faut ajouter la quote-part afférente à la canalisation et aux lampes (intérêts et amortissement; entretien et surveillance des lampes, de la canalisation, de l'appareillage; remplacement des lampes à incandescence et des crayons des arcs; personnel), laquelle varie de 0,12 *f* à 0,20 *f* par kilowatt-heure. Le prix total de revient du kilowatt-heure ressort ainsi tout compris, à 0,42 *f*, ou 0,70 *f*.

Si l'on achète l'énergie électrique à une Compagnie d'éclairage ayant une usine dans la localité desservie par la gare, on pourra traiter à raison de 0,35 *f* le kilowatt pour la fourniture de l'énergie électrique et souvent même à raison de 0,30 ou 0,25 *f*.

(1) Nous faisons ici abstraction complète des grandes gares de Paris ou de celles qui peuvent leur être assimilées; dans ces gares, où l'importance de l'éclairage atteint celle d'une petite ville, on rencontre souvent des difficultés d'installation qui augmentent les devis; mais, par contre, l'électricité produite en grande quantité peut être obtenue à meilleur compte.

On peut admettre qu'en province une usine électrique, installée d une façon rationnelle et ayant une production importante arrive à un prix de revient au plus égal à celui que l'on obtient dans le cas d'une gare consommant relativement peu et ayant une service de secours qui vient grever d'une manière sensible ce prix de revient, c'est-à-dire à 0,30 *f*. Si on achète l'énergie électrique à raison de 0,35 *f*, il reste un bénéfice de vente de 0,05 *f* égal aux 16 0/0 du prix de revient.

La Compagnie du chemin de fer achetant l'électricité, comme elle achète le gaz, c'est-à-dire au compteur et livrable à l'entrée de la gare, a à faire à ses frais les travaux de distribution; elle doit fournir et poser sa canalisation, ses lampes, leur appareillage, etc., entretenir, surveiller ce matériel, nettoyer les lampes, remplacer les charbons des arcs, les lampes à incandescence, ce qui peut grever le prix du kilowatt-heure d'une somme variant de 0,12*f* à 0,20 *f*, ainsi que nous l'avons vu plus haut. En admettant ce chiffre fort de 0,20 *f*, on arrive pour le prix total du kilowatt-heure à 0,55 *f*.

Voici, dès lors, le prix de revient horaire des différents foyers calculé sur la base de 0,55 *f* le kilowatt-heure, en admettant une distribution par dérivation simple à 75 volts.

	PRIX DE REVIENT HORAIRE		
	Énergie électrique à 0,35 *f* le kilowatt.	Quote-part afférente à la canalisation et aux lampes.	TOTAL
Arcs de 12 ampères (100 carcels — 900 watts.)	0,315	0,180	0,495
Arcs de 8 ampères (40 carcels — 600 watts.)	0,210	0,120	0,330
Arcs de 5 ampères (20 carcels — 375 watts.)	0,131	0,075	0,206
Lampe à incandescence 20b (90 watts.)	0,031	0,018	0,049
Lampe à incandescence 16b (75 watts.)	0,026	0,015	0,041
Lampe à incandescence 10b (56 watts.)	0,020	0,011	0,031

Hâtons-nous d'ajouter que *les calculs précédents n'ont rien d'absolu;* notre seul but a été d'indiquer la marche à suivre pour

GARES ÉCLAIRÉES	NOMBRE D'HEURES D'ÉCLAIRAGE ANNUEL	LAMPES		TENSION de DISTRIBUTION (volts)	INTENSITÉ à FOURNIR (ampères)
		A ARC	A INCANDESCENCE		
Gare peu importante avec service de nuit complet. — Utilisation d'une chaudière existante. — Allongement d'un local existant.	4 000	»	21 de 16[b] 23 de 10 44	110	20
Gare de moyenne importance avec service de nuit limité. — Arcs montés par deux en série. — Lampes à incandescence. — Installation complète	2 600	22 de 8[a]	174 de 16[b]	105	186
Gare importante avec service de nuit limité. — Arcs de diverses puissances montés par deux en série. — Lampes à incandescence de 16 et 10 bougies. — Installation complète	3 000	36 de 8[a] 26 de 5[a] 62	135 de 16[b] 135	110	284-6
Grande gare aux voyageurs et gare à marchandises à service de nuit complet.— Éclairage partiel avec arcs de 8 ampères groupés par deux en série.— Installation complète	3 000 et 4 000 Moy. 3 500	74 de 8[a]	»	110	296
Gare de triage à simple entrée éclairée au moyen de lampes à arc de 8 ampères en série. — Installation complète.	3 000	29 de 8[a]	»	687	16
Gare de triage à double entrée éclairée au moyen de lampes à arc de 8 ampères en série. — Chaudières existantes. — Local existant.	4 000	45 de 8[a]	»	685	24

DE REVIENT de la DE ET TABLEAUX	PRIX DE REVIENT DU KILOWATT			PRIX DE REVIENT PAR HEURE			
par LAMPE	ÉNERGIE ÉLECTRIQUE	CANALISATION ET LAMPES	TOTAL	par ARC	par CARCEL	PAR INCANDESCENCE	par CARCEL
34	0,513	0,112	0,625	»	»	16b) 0,0312 (moyenne)	0,0243 (moyenne)
à arc 165 à inc. 22	0,40	0,13	0,53	8a) 0,226	0,00556	16b) 0,0312	0,0195
à arc 168,5				8a) 0,22	0,00550	16b) 0,0308	0,019
à inc. 28	0,33	0,17	0,50	5a) 0,1325	0,006875		
à arc 594,5	0,37	0,19	0,56	8a) 0,246	0,00616	»	»
à arc 110,30	0,40	0,19	0,59	8a) 0,216	0,0054	»	»
à arc 111,10	0,30	0,18	0,48	8a) 0,178	0,00447	»	»

l'établissement d'un avant-projet d'éclairage électrique et nous avons terminé par une comparaison du prix de revient avec l'éclairage au gaz. Nous sommes arrivés à établir l'équivalence de l'énergie électrique à 0,35 *f* le kilowatt et du gaz à 0,15 *f* le mètre cube ; mais pour calculer le prix de revient de l'éclairage électrique, nous nous sommes placés dans des conditions défavorables : ainsi l'intérêt et l'amortissement du matériel mécanique et électrique (chaudières, moteurs, dynamos) et des lampes et de leur appareillage ont été comptés à 13 0/0, l'intérêt et l'amortissement de la canalisation et du bâtiment à 10 0/0 ; nous avons admis une consommation de houille de 3 *kg* par cheval-heure, en comptant cette houille à 25 *f* la tonne.

Il est évident que si l'on peut réduire le taux de l'intérêt et de l'amortissement à 4 0/0 par exemple ; si l'on se trouve dans une région où le prix des charbons est relativement bas ; si on admet que les moteurs ne consomment que 1,500 *kg* de houille par cheval-heure au lieu de 3 *kg* ; si, enfin on peut utiliser un local déjà construit et employer tout ou partie d'un personnel existant, on pourra abaisser très notablement le prix de revient de l'énergie électrique et arriver à des prix oscillant entre 0,15 *f* et 0,35 *f* le kilowatt-heure.

Il est maintenant intéressant de comparer ces prix de revient des foyers électriques avec ceux des brûleurs à gaz.

Comparaison de l'éclairage électrique avec l'éclairage au gaz.

Quand il s'agit de substituer l'éclairage électrique à un éclairage au gaz existant ou de décider si une gare doit être éclairée au gaz ou à l'électricité, il est utile de faire une comparaison entre le prix de revient du bec-heure gaz et du bec électrique donnant la même quantité de lumière.

Prix de revient du bec-heure gaz de 140 litres. — Un bec de gaz consommant 140 *l* à l'heure (pertes de gaz comprises) donne environ dix bougies ; il peut donc être comparé à une lampe à incandescence de même intensité lumineuse.

Le prix de revient de ce bec-heure gaz peut s'évaluer comme suit :

Il résulte de l'examen comparatif de nombreux projets exécutés

pour l'éclairage au gaz, au moyen de becs ordinaires de 140 *l*, de gares de petite, de moyenne et de grande importance, que la dépense moyenne d'installation par bec est de 200 *f* (1).

Cette dépense doit être amortie en 15 ans au taux de 5 0/0, ce qui donne un premier coefficient de 0,046 *f*, auquel il faut ajouter 0,05 *f* pour l'intérêt à 5 /00 (soit au total 0,046 + 0,05 = 0,096), et il faut multiplier par 0,096 le capital de 200 *f*, ce qui donne 19,20 *f* pour l'intérêt et l'amortissement. C'est une dépense indépendante du nombre d'heures d'éclairage.

Il résulte également des relevés faits pour plusieurs gares que les dépenses d'entretien de la canalisation et des brûleurs, de surveillance et de main-d'œuvre pour l'allumage et l'extinction, le nettoyage des lanternes, etc., peuvent être évaluées en moyenne à 10 *f* par bec et par an, soit 1 *f* pour l'entretien et 9 *f* pour la main-d'œuvre. Cette somme de 10 *f* est, comme la précédente, une dépense fixe indépendante du nombre d'heures d'éclairage.

Chaque bec-heure donne donc lieu à une dépense fixe de 19,20 + 10 = 29,20 *f*, soit 30 *f* en nombre rond, qui, divisée par le nombre des heures d'éclairage annuel donnera la quote-part afférente au prix de revient du bec-heure pour l'entretien, la surveillance, etc., de la canalisation et du bec.

Le prix du gaz livré aux Compagnies de chemins de fer varie de 0,15 *f* à 0,20 *f* le mètre cube.

Si donc on fait le calcul de la dépense pour des durées d'éclairage annuelles de 1 000 à 4 000 heures, on arrive aux chiffres suivants :

DÉPENSE PAR BEC-HEURE DE 140 LITRES (10 BOUGIES) POUR CANALISATION, BEC, ENTRETIEN, MAIN-D'ŒUVRE						
1000 h	1500 h	2000 h	2500 h	3000 h	3500 h	4000 h
0,03	0,02	0,015	0,0102	0,0100	0,0086	0,0075

DÉPENSE DE GAZ PAR BEC-HEURE DE 140 LITRES (10 BOUGIES) LE GAZ ÉTANT, PAR MÈTRE, A					
0,15 *f*	0,16 *f*	0,17 *f*	0,18 *f*	0,19 *f*	0,20 *f*
0,0210	0,0224	0.0238	0,0252	0,0266	0,0280

(1) Ce prix de 200 *f* comprend les frais de canalisation, depuis le compteur situé à l'entrée de la gare jusqu'au bec, et les frais d'appareillage.

En faisant le total de ces deux sommes, on arrive alors au coût total du bec-heure dans les diverses hypothèses de prix du mètre cube et de durée d'éclairage.

	PRIX TOTAL DU BEC-HEURE DE 140 LITRES (10 BOUGIES) LA DURÉE DE L'ÉCLAIRAGE ANNUEL ÉTANT DE :						
	1000 h	1500 h	2000 h	2500 h	3000 h	3500 h	4000 h
Gaz à 0,15 *f*.	0,030 0,021 0,051	0,020 0,021 0,041	0,015 0,021 0,036	0,0102 0.0210 0,0312	0,0100 0,0210 0,0310	0,0086 0,0210 0,0296	0,0075 0,0210 0,0285
Gaz à 0,16 *f*.	0,0300 0,0224 0,0524	0,0200 0,0224 0,0424	0,0150 0,0224 0,0374	0,0102 0,0224 0,0326	0,0100 0,0224 0,0324	0,0086 0,0224 0,0310	0,0075 0,0224 0,0299
Gaz à 0,17 *f*.	0,0300 0,0238 0,0538	0,0200 0,0238 0,0438	0,0150 0,0238 0,0388	0,0102 0,0238 0,0340	0,0100 0,0238 0,0338	0,0086 0,0238 0,0324	0,0075 0,0238 0,0303
Gaz à 0,18 *f*.	0,0300 0,0252 0,0552	0,0200 0,0252 0,0452	0,0150 0,0252 0,0402	0,0102 0,0252 0,0354	0,0100 0,0252 0,0352	0,0086 0,0252 0,0338	0,0075 0,0252 0,0327
Gaz à 0,19 *f*.	0,0300 0,0266 0,0566	0,0200 0,0266 0,0466	0,0150 0,0266 0,0416	0,0102 0,0266 0,0368	0,0100 0,0266 0,0366	0,0086 0,0266 0,0352	0,0075 0,0266 0,0341
Gaz à 0,20 *f*.	0,0300 0,0280 0,0580	0,0200 0,0280 0,0480	0,0150 0,0280 0,0430	0,0102 0,0280 0,0382	0,0100 0,0280 0,0380	0,0086 0,0280 0,0366	0,0075 0,0280 0,0355

On a vu plus haut que le prix de revient horaire de la lampe à incandescence de dix bougies pouvait être évalué en moyenne à 0,031 *f* en achetant l'énergie électrique à 0,35 *f* le kilowatt, et que ce prix de 0,031 *f*, se décomposait comme suit :

Énergie électrique	0,020 *f*
Quote-part afférente à la canalisation et à la lampe	0,011
TOTAL	0,031 *f*

On arrive exactement au même prix de revient pour le bec-heure gaz de 10 bougies, quand on paie le gaz à 0,15 *f* le mètre cube et lorsque la durée de l'éclairage est de 2500 heures par année.

L'énergie électrique à 0,35 *f* le kilowatt équivaut donc à du gaz à 0,15 le mètre cube.

D'où cette conclusion que pour lutter avec l'éclairage électrique, les Compagnies gazières devront livrer leur gaz à 0,15 *f* le mètre cube.

Prix de revient de l'éclairage par becs intensifs. — Les becs de gaz intensifs sont employés dans certaines gares pour l'éclairage des salles d'attente, halles à marchandises, aiguilles de changement de voie, cours à voyageurs, à marchandises, etc.

Les deux types de lampes les plus pratiques pour ce genre d'éclairage sont les lampes Wenham consommant 280 *l* à l'heure et donnant 7 carcels et le bec Cordier-Lacaze ou bec parisien de 800 *l* et donnant une intensité lumineuse de 19 carcels.

Ce dernier bec peut remplacer une lampe à arc de 5 ampères. Dans certains cas, on pourra également substituer deux becs Wenham de 7 carcels à une lampe de 5 ampères qui donne environ 20 carcels.

En supposant que la canalisation existante dans la gare soit suffisante pour alimenter ces becs, il faudra compter, par bec, en sus des 30 *f* représentant la dépense annuelle, intérêt et amortissement de premier établissement des conduites, l'entretien, la surveillance, la main-d'œuvre, l'amortissement en quinze années à 5 0/0 et l'intérêt annuel à 5 0/0 du prix d'acquisition de la lanterne et de ses accessoires, soit :

$0{,}096 \times 250 = 24$ *f* pour le bec Wenham de 280 *l*,
$0{,}096 \times 400 = 38{,}40$ *f* pour le bec parisien de 800 *l*,

ce qui donne comme dépense annuelle, indépendante du nombre des heures d'éclairage :

$24 + 30 = 54$ *f* pour le bec Wenham,
$38{,}40 + 30 = 68{,}40$ *f* pour le bec parisien,

et la quote-part afférente à l'installation et à l'entretien, etc., sera par heure, suivant le nombre annuel d'heures d'éclairage, de :

BEC WENHAM DE 280 LITRES	BEC PARISIEN DE 800 LITRES	DURÉE ANNUELLE DE L'ÉCLAIRAGE
0,054	0,0684	1 000 heures.
0,036	0,0456	1 500 —
0,027	0,0342	2 000 —
0,0216	0,0273	2 500 —
0,018	0,0228	3 000 —
0,0154	0,0195	3 500 —
0.0135	0,0171	4 000 —

La dépense de gaz sera, pour chacun de ces becs, en comptant le gaz à 0,15 *f* le mètre cube :

0,042 *f* pour le bec Wenham,
et 0,120 *f* pour le bec parisien.

En comptant sur une durée d'éclairage de 2 500 heures seulement, on aura comme dépense horaire :

	BEC WENHAM DE 280 *l*		BEC PARISIEN DE 800 *l*	
	1 BEC	2 BECS	1 BEC	2 BECS
Gaz consommé à 0,15 *f* le mètre cube.	0,0420	0,0840	0,1200	0,2400
Quote-part afférente à l'installation et à l'entretien . .	0,0216	0,0432	0,0273	0,0546
TOTAUX.	0,0636	0,1272	0,1473	0,2946

La lampe à arc de 5 ampères (20 carcels) coûtant par heure 0,206 *f* et celle de 8 ampères (40 carcels) coûtant par heure 0,33 *f*, ainsi que nous l'avons établi plus haut, on voit qu'on peut, à égalité de dépense, employer 3 lampes Wenham ou un arc de 5 ampères donnant respectivement 21 et 20 carcels, ou employer 2 becs parisiens en remplacement d'un arc de 8 ampères donnant la même quantité de lumière, soit 40 carcels.

Ces chiffres montrent que si le gaz à 0,15 *f* le mètre cube peut lutter avec l'électricité à 0,35 *f* le kilowatt pour les foyers de 10 bougies, à plus forte raison il peut soutenir la concurrence des foyers puissants à arc voltaïque depuis que l'invention des becs intensifs a permis d'abaisser la quantité de gaz brûlé pour la production d'une même intensité lumineuse. Et comme, dans bien des cas, on aura avantage au point de vue de la bonne répartition de la lumière à employer plutôt 3 foyers de 7 carcels qu'un bec unique de 20 carcels ou 2 becs de 20 carcels de préférence à un bec unique de 40 carcels ; comme, d'autre part, dans les applications spéciales qui nous occupent, la question d'hygiène, de la chaleur dégagée par le gaz, des dangers d'incendie, etc., n'ont plus la même importance que dans un éclairage de maison, d'appartement, de salle de spectacle, on doit conclure qu'il est rationnel d'employer le gaz pour améliorer un éclairage de gare toutes les fois que cette gare est déjà pourvue d'une distribution et que la Compagnie livre ce gaz à 0,15 *f* le mètre cube.

Dans les gares non pourvues d'une distribution de gaz, on pourra hésiter lors de l'installation de l'éclairage entre un éclairage électrique, l'électricité étant payée 0,35 *f* le kilowatt, et entre le gaz, ce dernier étant à 0,15 *f* le mètre cube. Le choix dépendra

de la comparaison des deux avant-projets dont la dépense d'estimation variera, bien entendu, suivant les circonstances locales.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES GRANDES GARES DE PARIS

Dans ce qui précède, nous avons considéré l'éclairage des gares de petite, de moyenne importance et des grandes gares de province; il reste à dire un mot de l'éclairage des grandes gares de Paris pour lesquelles on est obligé de créer des usines d'une certaine importance.

Parmi les éclairages nouvellement installés, ceux de la Compagnie de l'Ouest et de la Compagnie de l'Est nous paraissent particulièrement intéressants. Ils comprennent tous deux des lampes à arc de diverses puissances et des lampes à incandescence alimentées par un courant à basse tension ; ils ne présentent donc aucune particularité au point de vue technique, mais tandis que la Compagnie de l'Ouest s'est adressée à un entrepreneur qui lui livre la lumière à un tarif déterminé, la Compagnie de l'Est a préféré installer elle-même son usine et l'exploiter. Il est donc utile de se rendre compte des résultats obtenus, dans ces deux cas, au point de vue du coût de la lumière.

Nous verrons que les prix de revient sont à peu près les mêmes si l'on tient compte du bénéfice de l'entrepreneur qui doit s'ajouter naturellement au coût du kilowatt-heure et de l'obligation où se trouve cet entrepreneur d'amortir toutes ses installations en dix années, lorsque son contrat l'oblige à remettre ces installations en bon état au bout de ce laps de temps à la Compagnie, ainsi que cela se présente pour la Compagnie de l'Ouest.

Éclairage électrique de la Gare de l'Est, à Paris.

La Compagnie des chemins de fer de l'Est a installé elle-même son usine, sa canalisation, ses lampes et assure l'exploitation en régie directe.

L'usine a été construite en vue d'alimenter 130 lampes à arc de 7 et 5 ampères et 65 volts aux bornes et 1 500 lampes à incandescence de 10 et 16 bougies absorbant respectivement 0,75 et 1 ampère sous une tension utile de 65 volts également.

La distribution est faite en dérivation par le système dit « à trois fils » et on a admis une perte de 10 volts dans la canalisation, de sorte que les dynamos doivent fournir un courant de 75 volts.

Les 130 lampes à arc exigeant une intensité de 860 ampères et les 1 500 lampes à incandescence une intensité de 1 180 ampères, au total 2 040 ampères, l'énergie électrique à fournir était, suivant les prévisions, de $2\,040 \times 75 = 153\,000$ watts.

On a admis que le service serait fait par deux dynamos compound dont la puissance, en admettant un rendement de 85 0/0, devait être de :

$$\frac{153\,000}{2} \times \frac{100}{85} = 90\,000 \text{ watts chacune.}$$

On a pris trois dynamos compound de 100 000 watts, deux pour le service courant, la troisième comme secours. Ces dynamos, qui tournent à 300 tours, sont conduites chacune par un moteur du type pilon compound de MM. Veyher et Richemond, d'une vitesse de 160 tours par minute.

En admettant un rendement de 90 0/0, la force de chaque moteur est fixée à :

$$\frac{90\,000}{736} \times \frac{100}{90} = 136 \text{ } ch.$$

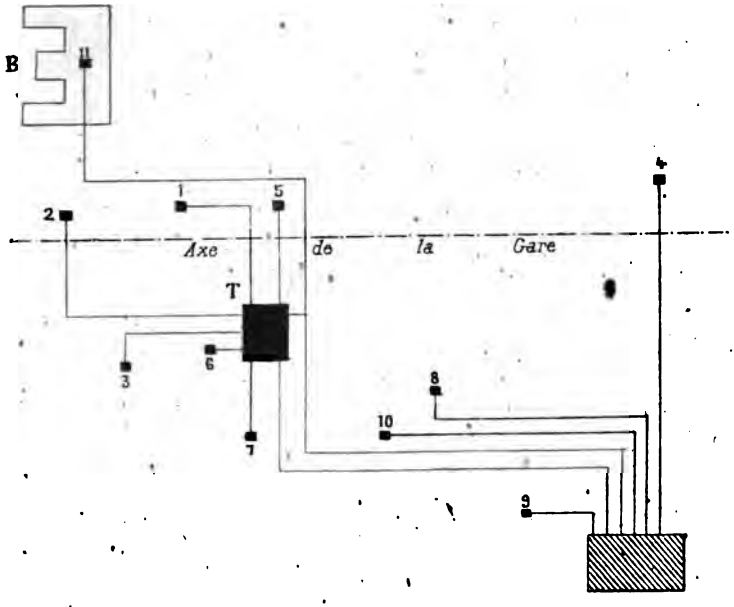
On a pris des machines de 140 *ch* consommant 10 *kg* de vapeur par cheval-heure.

La vapeur est fournie par quatre générateurs type Belleville, dont trois pour le service courant produisant chacun 1 450 *kg* de vapeur par heure et le quatrième servant de réserve.

L'usine, qui n'occupe qu'un emplacement de 17 $m \times 11$ $m = 187$ m^2, contient au rez-de-chaussée les moteurs et les dynamos, au premier étage les générateurs, et au deuxième étage un petit atelier et un magasin.

Cette usine est installée dans la gare, à 260 *m* seulement du tableau principal de distribution du courant. Ce dernier est envoyé par des conducteurs principaux aériens à des tableaux de distribution de groupes (4, 8, 9 et 10) et à un tableau principal T sur lequel se greffent des conducteurs secondaires alimentant d'autres tableaux de groupes (1, 2, 3, 5, 6 et 7) ; enfin à un tableau de distribution (11) desservant les lampes du bâtiment d'administration B. Cette dernière conduite principale peut également être reliée au tableau principal T, ainsi que le montre le croquis.

Au point de vue du service, les choses sont organisées de manière à pouvoir envoyer le courant de l'une quelconque des dynamos dans l'un quelconque des deux circuits formés par le sys-



tème à trois fils, ce qui permet de substituer une dynamo à une autre en marche sans apporter de perturbations dans l'éclairage.

On peut même faire fontionner l'éclairage à l'aide de deux fils seulement de façon à ne mettre en mouvement qu'un seul groupe de machines dans le cas où l'on ne doit laisser allumer que la moitié des lampes à arc, celles d'un seul circuit par exemple.

Enfin le tableau n° 11 peut être alimenté directement par l'usine ou être assimilé aux autres tableaux secondaires qui puisent en commun leur électricité au tableau principal.

Dans une intéressante étude publiée dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, M. Siégler, Ingénieur en chef adjoint du service de la voie de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, donne les devis des dépenses de premier établissement de cette installation ; ce devis, dont le détail est reproduit ci-dessous, se montait à 647 000 francs.

Construction de l'usine électrique	122 200	
Cheminée en briques	17 200	
Puits	15 000	162 700 *f*
Monte-charge pour charbons, bennes, wagonnets et réservoirs	8 300	
Dynamos, tableaux de distribution et conducteurs principaux	207 200	
Machines à vapeur et accessoires	89 000	353 200 *f*
Générateurs à vapeur et accessoires	57 000	
Lampes à arc, y compris les tableaux, canalisation secondaire et appareillage	76 700	
Lampes à incandescence, canalisation secondaire et appareillage	54 400	131 100 *f*
TOTAL		647 000 *f*

Il ressort de ces chiffres que l'installation des lampes, des tableaux et de la canalisation secondaire est revenue à :

590 » *f* par lampe
90 » *f* par ampère } pour les lampes à arc ;

36,26 *f* par lampe
46 » *f* par ampère } pour les lampes à incandescence.

Mais, par suite d'agrandissements importants effectués dans la gare postérieurement à la construction de l'usine, on a dû augmenter le nombre des lampes en service. Il y a actuellement 128 lampes à arc et 2125 lampes à incandescence consommant, à la tension de distribution de 75 volts, une intensité de 2 596ª; savoir :

100 lampes à arc de 7 ampères	7ª	×	100	= 700ª
28 lampes à arc de 5 ampères	5	×	28	= 140
122 lampes à incandescence de 20 bougies	1,2	×	122	= 146,4
429 lampes à incandescence de 16 bougies	1	×	429	= 429
1 574 lampes à incandescence de 10 bougies	0 75	×	1 574	= 1 180,5
TOTAL				2 596,0

Soit 2 596ª × 75 volts = 194 700 watts.

La puissance des deux dynamos en service courant, soit 200 000 watts, étant ainsi entièrement absorbée, on a dû constituer une réserve de 92 accumulateurs de 200 *kg* de plaques chacun. Ces accumulateurs sont chargés par groupes de trente (chaque accumulateur nécessitant pour sa charge une tension de 2,5 *v*, on arrive ainsi à $30 \times 2{,}5 = 75$ volts pour une batterie de 30 éléments, c'est-à-dire à la tension disponible) et servent à éclairer pendant la journée certains locaux obscurs ; ils permettent enfin d'allumer les lampes dans les bureaux en cas de brouillard sans avoir à mettre les chaudières en pression, et de parer à un accident qui arrêterait les machines pendant quelques instants.

Chaque élément ayant une capacité disponible de 1 400 ampères-heure (à raison de 7 ampères-heure par kilogramme de plaques), on voit que les 92 accumulateurs étant divisés en deux batteries de 41 éléments, en raison du système de distribution à trois fils, fournissent au potentiel utile de 75 volts : $2 \times 1\,400 = 2\,800$ ampères-heure. Et comme l'éclairage total exige 2 596 ampères, on ne pourrait alimenter toutes les lampes du réseau que pendant une durée de 2 596 : 2 800, soit un peu moins d'une heure.

Les accumulateurs sont montés en dérivation sur la distribution. Un conjoncteur-disjoncteur automatique, intercalé sur le circuit de chaque dynamo, permet de charger à la fois 30 accumulateurs pendant l'éclairage et d'utiliser instantanément la décharge en cas d'insuffisance du courant des dynamos.

La batterie fournie par la Société pour la transmission de la force par l'électricité (système Laurent Cely) a coûté, accessoires compris, en nombre rond 30 000 *f*. Cette Société se charge de l'entretien à forfait moyennant le 1/10e du prix d'achat, soit 3 000 *f* par année.

Les adjonctions faites aux installations primitives ont élevé le total des dépenses de premier établissement. En comptant l'intérêt et l'amortissement de ces dépenses à 8 0/0, ce qui est admissible dans le cas actuel, puisque l'usine a été construite et est exploitée par la Compagnie, et en se basant sur les résultats d'une année complète d'exploitation, on peut évaluer le coût du kilowatt-heure à 0,5134 *f*, se décomposant ainsi :

Intérêt et amortissement à 8 0/0		0,2250 *f*
Dépenses du matériel moteur	0,2525 *f*	0,2884
Dépenses du matériel électrique	0,0359	
TOTAL ÉGAL.		0,5134 *f*

(Ainsi que le fait remarquer M. Siégler, le taux de 8 0/0 pour les intérêts et l'amortissement est trop faible pour le matériel de l'usine électrique, mais trop élevé pour les bâtiments, les conducteurs électriques, l'appareillage dont la durée sera très longue sans dépenses notables de réparations).

En se basant sur ce prix de revient net de 0,5134 *f* pour le kilowatt-heure, les foyers en usage à la gare de Paris donnent lieu aux dépenses horaires suivantes :

Lampes à arc de 7 ampères	(525 watts).	0,313 *f*
— 5 —	(375 —).	0,224
Lampes à incandescence de 20 bougies	(90 —).	0,052
— 16 —	(75 —).	0,0438
— 10 —	(56 —).	0,0332

Éclairage électrique de la gare de l'Ouest.

La Compagnie de l'Ouest a traité avec un entrepreneur pour l'éclairage électrique de sa gare de Paris-Saint-Lazare. L'installation mécanique et électrique faite par cet entrepreneur doit être maintenue par lui en bon état d'entretien pendant la durée du contrat, soit dix ans, et faire retour à la Compagnie au bout de ce temps. Cette dernière a simplement concédé, dans l'intérieur de sa gare, un emplacement pour l'établissement de l'usine électrique et l'entrepreneur s'est chargé de la construction du bâtiment, de la cheminée, de la fourniture et pose de tout le matériel (chaudières, machines, dynamos, conducteurs, lampes), de l'entretien, du nettoyage des appareils, du remplacement des lampes à incandescence, moyennant un prix fixé par lampe-heure (1).

L'usine a été construite en 1889 en vue d'alimenter 208 lampes à arc de différents types et 6 lampes à incandescence de 16 bougies, à l'aide d'un réseau de distribution à deux fils, avec un potentiel utile de 70 volts et en admettant une perte de charge de 20 volts (2). La Compagnie de l'Ouest conservait la faculté de faire varier le nombre des lampes jusqu'à un maximum déterminé et leur emplacement suivant ses besoins.

Voici quel était, au début, le nombre de lampes à alimenter et l'intensité de courant nécessaire :

7	lampes à arc de	25	ampères	(250 carcels), soit		175ª
162	—	8	—	(40 —), soit		1 296
39	—	6	—	(25 —), soit		234
6	lampes à incandescence de 16 bougies à 1 ampère					6
				TOTAL.		1 711ª

La tension de distribution étant de 90 volts, l'énergie à fournir est de : $1\,711^a \times 90^v = 154\,000$ watts. En admettant un rendement de 85 0/0 pour les dynamos et une perte de 10 0/0 dans les courroies et organes des moteurs, la puissance motrice doit être de :

$$\frac{154\,000}{0{,}85 \times 0{,}90} = 201\,300 \text{ watts, soit } 273 \textit{ ch} \text{ en nombre rond.}$$

(1) Le remplacement des crayons des lampes à arc, l'allumage et l'extinction sont seuls à la charge de la Compagnie de l'Ouest; mais, dans la nouvelle installation, ces opérations seront faites, sans augmentation des prix, par l'entrepreneur qui les considère comme peu importantes.

(2) La perte de tension, qui devait être de 5 volts, a dû être portée à 20 volts par suite du changement de l'emplacement primitif de l'usine, laquelle se trouve à 760 *m* du poste de distribution.

L'usine comprend :

3 machines horizontales Lecouteux et Garnier, avec distribution genre Corliss et échappement à air libre. Chaque machine marche à 180 tours par minute avec une pression de 7 *kg* dans le cylindre et a une force nominale de 150 *ch.*

6 dynamos Gramme tournant à 600 tours et donnant chacune 450 ampères sous 90 à 100 volts, soit 40 500 à 45 000 watts. Ces machines sont divisées en trois groupes de deux et chaque groupe est commandé par un moteur.

3 générateurs Belleville pouvant produire 2 000 *kg* de vapeur par heure, sous une pression de 12 *kg*.

L'usine comprend donc trois unités de chacune 81 000 watts ; deux de ces unités servant pour le service courant, la troisième servant de réserve.

Le cahier des charges a imposé une consommation maxima pour les moteurs de 13,50 *kg* de vapeur par cheval effectif et une dépense de 1,570 *kg* de houille par cheval indiqué, ce qui, au prix de 30 *f* la tonne, donne une dépense de 0,0471 *f* par cheval-heure.

L'usine électrique qui occupe un rez-de-chaussée de 18,5 *m* $\times$ 10,89 *m* = 201,50 m^2, est placée à l'entrée du tunnel des Batignolles, et envoie le courant, par des conducteurs principaux, à un tableau central de distribution distant de 760 *m*. Ce tableau, installé au centre des bâtiments de la gare, comprend 4 tableaux distributeurs alimentés par un circuit principal partant des dynamos ; ils commandent les circuits de distribution des lampes. Un poste secondaire est installé près du pont de l'Europe et commande les lampes placées entre le pont et l'usine.

La redevance payée à l'entrepreneur est fixée comme suit par heure et par lampe :

Lampe à arc de 8 ampères (40 carcels)	0,40 *f*
— 6 — (25 —)	0,30
Lampe à incandescence de 16 bougies	0,05
— 10 —	0,035

Il est prévu le cas où la Compagnie de l'Ouest jugerait utile de se servir de lampes à arc d'une force supérieure à celles indiquées ci-dessus ; elle paierait alors, par heure d'éclairage et par lampe de 40 à 120 carcels, une redevance calculée à raison de 0,01 *f* multiplié par le nombre de carcels représentant l'intensité lumineuse de la lampe.

Aux prix indiqués ci-dessus, le kilowatt-heure revient à la Compagnie à 0,556 *f* en moyenne.

En effet :

Les 162 lampes-heures de 8 ampères absorbent.	1 296 ampères.
— 39 — 6 —	234
— 6 lampes à incandescence de 16 bougies	6
TOTAL.	1 536 ampères.

Ces 1 536 ampères sous la tension de distribution de 90 volts donnent $1\,536 \times 90 = 138\,240$ watts $= 138{,}240$ kilowatts.

Or, au tarif indiqué ci-dessus ces 138 240 watts coûtent :

162 lampes-heures à 0,40 *f*.	64,80 *f*
39 — 0,30.	11,70
6 — 0,05.	0,30
TOTAL.	76,80 *f*

Ce qui donne pour prix du kilowatt-heure :

$$76{,}80\,f : 138{,}240 = 0{,}556\,f$$

ce qui est modéré, si l'on refléchit que la distribution est faite entièrement avec des conducteurs isolés, que l'entrepreneur a pris à sa charge tous les frais d'installation et d'entretien, qu'il doit remettre à la Compagnie de l'Ouest, au bout de dix ans, toutes ses installations entretenues en bon état, et qu'il prend enfin à sa charge toutes les dépenses d'éclairage.

Les installations de la Compagnie de l'Ouest, qui datent de l'année 1889, avaient pour but de fournir l'éclairage seulement aux parties de la gare où circule le public : quais, cours, salle des Pas-Perdus et salles d'attente. Les bons résultats obtenus pendant les deux années et demie écoulées depuis la mise en marche de l'usine ont décidé la Compagnie de l'Ouest à adopter l'éclairage électrique pour les bureaux des différents services qui occupent les bâtiments de la gare et des rues de Rome, de Vienne, de Londres, d'Amsterdam et pour le bâtiment des messageries situé rue de Saint-Pétersbourg. Cette installation supplémentaire comportera environ 3 000 lampes à incandescence de 10 à 16 bougies et 60 lampes à arc.

Comme il était matériellement impossible d'agrandir l'usine actuelle pour faire face à cette augmentation d'éclairage, on a dû construire une nouvelle usine pour y transporter les machines existantes et y installer deux nouvelles chaudières, deux nouvelles machines à vapeur de 150 *ch*, commandant chacune deux dynamos, et une machine de 75 *ch* actionnant une dynamo.

Cette installation à peine commencée est faite dans les mêmes conditions que la première, le concessionnaire ayant à sa charge

toutes les dépenses de changement d'usine et de construction de la nouvelle usine, dans toutes ses parties, sans que les prix horaires payés par la Compagnie de l'Ouest pour les différents types de lampes soient augmentés.

On peut donc admettre que le prix de revient du kilowatt-heure sera également le même.

En résumé, si on compare les résultats des deux exploitations de la Compagnie de l'Est et de la Compagnie de l'Ouest, on arrive aux résultats suivants :

Prix de revient du kilowatt-heure.

	Est	Ouest
Pour 128 lampes à arc de 5 et 7 ampères		
— 2125 lampes à incandescence de 10, 16 et 20 bougies.	0,513 *f*	»
(Intérêt et amortissement des installations à 8 0/0)		
Pour 208 lampes à arc de 6, 8 et 25 ampères. . .		
— 3006 lampes de 10 et 16 bougies		
(Compris intérêt et amortissement des installations en 10 ans et bénéfice de l'entrepreneur)	»	0,556 *f*

Prix de revient de la lampe-heure.

Lampes à arc de 8 ampères (400 bougies)	»	0,40 *f*
— 7 — (350 —)	0,313 *f*	»
— 6 — (250 —)	»	0,30
— 5 — (200 —)	0,224	»
Lampes à incandescence de 20 bougies.	0,0521	»
— 16 —	0,0438	0,050
— 10 —	0,0330	0,035

Tableau A

Sections de conducteurs en millimètres carrés par ampère pour des pertes de charge de $\left(e = \frac{0{,}034\ l\ I}{S}\right)$ volts :

LONGUEURS des CONDUCTEURS (aller)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
mètres																		
10	0,34	0,17	0,11	0,08	0,07													
20	0,68	0,34	0,22	0,17	0,14													
30	1,02	0,51	0,34	0,25	0,20													
40	1,36	0,68	0,45	0,34	0,27													
50	1,70	0,85	0,56	0,42	0,34													
60	2,04	1,02	0,68	0,51	0,41	0,34												
70	2,38	1,19	0,79	0,59	0,48	0,40	0,34											
80	2,76	1,36	0,92	0,68	0,55	0,46	0,39	0,34										
90	3,06	1,53	1,02	0,76	0,61	0,51	0,44	0,38	0,34									
100	3,40	1,70	1,13	0,85	0,68	0,56	0,48	0,42	0,37	0,34								
110	3,74	1,87	1,24	0,93	0,75	0,62	0,53	0,46	0,41	0,37	0,34							
120	4,08	2,04	1,35	1,02	0,82	0,68	0,58	0,51	0,45	0,40	0,37	0,34						
130	4,42	2,21	1,47	1,10	0,88	0,73	0,63	0,55	0,49	0,44	0,40	0,37	0,34					
140	4,76	2,38	1,58	1,19	0,94	0,79	0,68	0,59	0,52	0,48	0,43	0,40	0,36	0,34				
150	5,10	2,55	1,69	1,27	1,02	0,85	0,73	0,63	0,56	0,51	0,46	0,43	0,38	0,36	0,34			
160	5,44	2,72	1,81	1,36	1,09	0,92	0,78	0,68	0,60	0,55	0,49	0,46	0,41	0,39	0,36	0,34		
170	5,78	2,89	1,92	1,44	1,15	0,96	0,83	0,72	0,64	0,58	0,52	0,49	0,44	0,41	0,38	0,36	0,34	
180	6,12	3,06	2,04	1,53	1,22	1,02	0,87	0,76	0,68	0,61	0,55	0,51	0,47	0,44	0,41	0,38	0,36	0,34
190	6,46	3,23	2,15	1,61	1,30	1,07	0,92	0,80	0,72	0,64	0,58	0,53	0,49	0,46	0,43	0,40	0,38	0,36
200	6,80	3,40	2,26	1,70	1,36	1,13	0,97	0,85	0,75	0,68	0,62	0,56	0,52	0,48	0,45	0,42	0,40	0,38
210	7,14	3,57	2,38	1,78	1,43	1,19	1,02	0,89	0,79	0,71	0,65	0,59	0,55	0,50	0,48	0,44	0,42	0,39
220	7,48	3,74	2,48	1,87	1,50	1,24	1,07	0,93	0,83	0,75	0,68	0,62	0,57	0,53	0,50	0,46	0,44	0,41
230	7,82	3,91	2,60	1,96	1,56	1,30	1,12	0,98	0,87	0,78	0,71	0,65	0,60	0,56	0,52	0,48	0,46	0,43
240	8,16	4,08	2,70	2,04	1,63	1,35	1,16	1,02	0,91	0,82	0,74	0,68	0,63	0,58	0,54	0,51	0,48	0,45
250	8,50	4,25	2,85	2,12	1,70	1,42	1,21	1,06	0,94	0,85	0,77	0,70	0,65	0,61	0,57	0,53	0,50	0,47
260	8,84	4,42	3,00	2,21	1,77	1,48	1,26	1,10	0,98	0,88	0,80	0,73	0,68	0,63	0,59	0,55	0,52	0,49
270	9,18	4,59	3,06	2,29	1,84	1,53	1,31	1,14	1,02	0,91	0,83	0,76	0,71	0,66	0,61	0,57	0,54	0,51
280	9,52	4,76	3,16	2,38	1,90	1,58	1,36	1,19	1,06	0,95	0,86	0,79	0,73	0,68	0,63	0,59	0,56	0,53
290	9,86	4,93	3,28	2,46	1,97	1,64	1,41	1,23	1,09	0,98	0,90	0,82	0,76	0,70	0,66	0,62	0,58	0,55

Tableau B

Conducteurs en cuivre nus.

DIAMÈTRE en MILLIMÈTRES	SECTION en MILLIMÈTRES CARRÉS	POIDS PAR MÈTRE en GRAMMES	DIAMÈTRE en MILLIMÈTRES	SECTION en MILLIMÈTRES CARRÉS	POIDS PAR MÈTRE en GRAMMES	DIAMÈTRE en MILLIMÈTRES	SECTION en MILLIMÈTRES CARRÉS	POIDS PAR MÈTRE en GRAMMES
1,0	0,785	6,99	5,5	23,758	211,45	7,9	49,017	436,25
1,1	0,950	8,46	5,6	24,680	219,21	8,0	50,266	447,36
1,2	1,131	10,06	5,7	25,518	227,11	8,1	51,530	458,62
1,3	1,327	11,81	5,8	26,421	235,14	8,2	52,810	470,01
1,4	1,539	13,70	5,9	27,339	243,32	8,3	54,106	481,54
1,5	1,767	15,73	6,0	28,274	251,64	8,4	55,418	493,22
1,8	2,545	22,65	6,1	29,225	260,10	8,5	56,745	505,03
2,0	3,141	27,96	6,2	30,191	268,70	8,6	58,088	516,98
2,3	4,155	36,98	6,3	31,173	277,43	8,7	59,447	529,08
2,5	4,908	43,69	6,4	32,170	286,31	8,8	60,821	541,31
2,8	6,157	54,80	6,5	33,183	295,33	8,9	62,212	553,68
3,0	7,069	62,91	6,6	34,212	304,49	9,0	63,617	566,19
3,3	8,553	76,12	6,7	35,257	313,78	9,1	65,039	578,85
3,5	9,621	85,63	6,8	36,317	323,22	9,2	66,476	591,64
3,8	11,341	100,94	6,9	37,393	332,80	9,3	67,929	604,57
4,0	12,566	111,84	7,0	38,485	342,51	9,4	69,398	617,64
4,3	14,522	129,24	7,1	39,593	352,37	9,5	70,882	630,85
4,5	15,904	141,55	7,2	40,715	362,36	9,6	72,382	644,20
4,8	18,096	161,05	7,3	41,854	372,50	9,7	73,898	657,69
5,0	19,635	174,75	7,4	43,008	382,78	9,8	75,430	671,32
5,1	20,428	181,81	7,5	44,179	393,19	9,9	76,977	685,09
5,2	21,237	189,01	7,6	45,365	403,74	10,0	78,540	699,00
5,3	22,062	196,35	7,7	46,566	414,44			
5,4	22,902	203,83	7,8	47,784	425,27			

Pour avoir le poids d'un fil de cuivre en grammes par mètre courant, il suffit de multiplier par 6,99 le carré de son diamètre en millimètres :

$$P = 6{,}99\ d^2$$

TABLEAU C

Conducteurs isolés (isolement ordinaire)

NOMBRE DE FILS du toron	DIAMÈTRE DES FILS en millimètres	SECTION en MILLIMÈTRES CARRÉS	PRIX PAR KILOMÈTRE (francs)	NOMBRE DE FILS du toron	DIAMÈTRE DES FILS en millimètres	SECTION en MILLIMÈTRES CARRÉS	PRIX PAR KILOMÈTRE (francs)
1	1,1	0,95	120	32	1,1	30,40	1 550
1	1,5	1,76	150	48	1,1	45,60	2 300
1	2,0	3,14	220	64	1,1	60,80	3 000
4	1,1	3,80	320	100	1,1	95 »	4 500
8	1,1	7,60	500	150	1,1	142,64	6 100
12	1,1	11,40	700	280	1,1	266 »	10 800
16	1,1	15,20	850	420	1,1	400 »	16 000
24	1,1	22,80	1 115				

TABLEAU D

Conducteurs isolés (isolements forts et très forts).

NOMBRE DE FILS du toron	DIAMÈTRE DES FILS en millimètres	SECTION en MILLIMÈTRES CARRÉS	PRIX PAR KILOMÈTRE EN FRANCS				
			ISOLEMENT FORT	ISOLEMENT TRÈS FORT	ISOLEMENT SUPÉRIEUR sous rubans	ISOLEMENT SUPÉRIEUR sous tresse	ISOLEMENT SUPÉRIEUR sous plomb
1	1,1	0,95	155	345	430	530	710
1	1,5	1,77	225	410	520	630	820
1	2,0	3,14	325	580	710	840	1 000
7	0,9	4,45	450	650	1 040	1 210	1 460
7	1,2	7,91	640	855	1 360	1 540	1 820
7	1,5	12,36	920	1 230	1 750	1 950	2 220
7	1,7	15,89	1 150	1 440	2 000	2 200	2 530
19	1,3	25,08	1 720	2 050	2 700	2 950	3 280
19	1,5	33,44	2 190	2 550	3 250	3 530	3 990
19	1,8	48,26	2 980	3 380	4 280	4 640	5 140
37	1,5	65,12	4 050	4 520	5 550	5 930	6 430
37	1,8	93,98	5 560	6 110	7 280	7 720	8 620
37	2,2	140,64	8 140	8 840	10 350	10 890	11 950
37	3,0	261,54	14 340	15 300	17 280	18 980	19 730
61	2,9	402,91	21 790	24 090	25 390	26 170	28 220

Tableau E

Dimensions et prix des dynamos compound de modèles courants pour éclairage en dérivation par arcs ou par incandescence.

TENSION en VOLTS	INTENSITÉ en AMPÈRES	PUISSANCE en WATTS	TRAVAIL MÉCANIQUE absorbé en chevaux	VITESSE EN TOURS par minute	DIAMÈTRE de la POULIE millimètres	DIMENSIONS DE LA MACHINE			POIDS en KILOGR.	PRIX en FRANCS
						LONGUEUR	LARGEUR	HAUTEUR		
70 à 75	30	2 250	4	1 800	120	660	500	430	190	600
110 à 120	»									
70 à 75	60	4 500	8	1 450	150	760	640	580	350	900
110 à 120	40									
70 à 75	100	7 500	12,5	1 200	200	840	680	650	520	1 400
110 à 120	65									
70 à 75	140	11 000	18	1 100	250	1 010	780	650	740	1 900
110 à 120	90									
70 à 75	200	14 000	22,5	1 000	300	1 120	840	730	875	2 400
110 à 120	125									
70 à 75	300	22 000	35	850	375	1 300	960	910	1 500	3 200
110 à 120	185									
70 à 75	430	33 000	52	760	450	1 500	1 100	1 000	2 400	4 200
110 à 120	275									
70 à 75	600	46 000	71	600	550	1 850	1 380	1 250	4 500	5 300
110 à 120	385									

Tableau F

Machines horizontales simples ou couplées avec ou sans condenseur, fonctionnant sous une pression de 5 ou de 8 kilogrammes.

	FORCE en CHEV.-VAPEUR	NOMBRE DE TOURS par minute	EMPLACEMENT A PRÉVOIR			PRIX			
			LONGUEUR	LARGEUR	HAUTEUR	DE LA MACHINE	DE LA POMPE ALIMENTAIRE	CONDENSEUR ET POMPE A AIR	TOTAL
Machines simples	10	125	3	2	1,8	1 700	115	570	2 385
	15	115	3	2	1,8	2 500	145	715	3 360
	20	105	3	2	1,8	2 850	155	855	3 860
	25	95	4,5	2	1,8	3 950	185	1 000	5 135
	30	90	5	2	1,8	4 650	215	1 075	5 940
	35	90	5	2	1,8	5 200	240	1 300	6 740
	40	75	6,5	2	2	6 050	270	1 300	7 620
	50	75	6,5	2	2	7 250	300	1 575	9 125
	63	60	7	2,6	2,5	7 850	360	1 725	9 935
	75	60	7	2,6	2,5	9 450	430	1 850	11 730
Machines couplées	20	125	5	4	1,8	3 400	155	1 150	4 705
	30	115	5	4	1,8	5 000	215	1 450	6 665
	40	105	5	4	1,8	6 400	270	1 725	8 395
	50	95	5	4	1,8	7 900	300	2 000	10 200
	62	90	5	4	1,8	9 300	355	2 150	11 805
	75	90	5	4	2	10 400	430	2 575	13 405
	87	75	6,5	5	2	12 100	500	2 575	15 175
	100	75	6,5	5	2	14 500	570	3 150	18 220
	125	60	7	5	2,5	15 700	715	3 425	19 840
	150	60	7	5	2,5	18 900	855	3 700	23 455

TABLEAU G

Moteurs à vapeur à grande vitesse, type pilon, avec échappement à air libre ou avec échappement au condenseur (Pression 5 *kg*).

MACHINES	FORCE EN CHEVAUX — ÉCHAPPEMENT AU CONDENSEUR	FORCE EN CHEVAUX — ÉCHAPPEMENT A AIR LIBRE	NOMBRE DE TOURS par minute	EMPLACEMENT A PRÉVOIR — LONGUEUR	LARGEUR	HAUTEUR	PRIX en FRANCS
Machines à un seul cylindre. . . .	10 — 14	7 — 11	450	1,00	0,80	1,60	3 000
	20 — 34	17 — 29	400	1,20	0,90	1,80	5 000
	35 — 60	26 — 50	350	1,40	1,00	2,10	7 000
	50 — 90	40 — 76	300	1,60	1,20	2,45	10 000
Machine à deux cylindres compound.	30 — 44	23 — 35	350	1,60	0,80	1,65	8 000
	45 — 67	35 — 52	300	2,00	0,90	1,72	10 500
	80 — 125	65 — 95	250	2,30	1,20	1,95	18 000

Chaudières à double retour de flammes à 1 ou 2 foyers (5 *kg*).

CHAUDIÈRES	FORCE en CHEVAUX-VAPEUR	DIMENSIONS DE LA CHAUDIÈRE — DIAMÈTRE	LONGUEUR	DIMENSIONS A PRÉVOIR — LONGUEUR	LARGEUR	HAUTEUR	PRIX en FRANCS
Chaudières horizontales à un foyer.	20	1,448	1,956	3,0	2,6	1,5	2 800
	25	1,524	2,134	3,0	2,6	1,6	3 300
	32	1,524	2,439	3,5	2,6	1,6	3 700
	40	1,600	2,744	3,7	2,7	1,7	4 900
	50	1,676	2,896	3,9	2,8	1,8	5 800
	62	1,829	2,896	3,9	2,9	1,9	6 300
	75	1,905	3,354	4,8	3,0	2,0	7 300
	87	1,981	3,811	4,8	3,1	2,1	8 600
Chaudières horizontales à deux foyers	100	2,058	3,811	5,0	3,6	2,15	9 500
	112	2,134	3,811	5,0	3,6	2,15	10 200
	125	2,286	4,268	5,5	3,8	2,4	11 200
	150	2,286	4,420	5,5	3,8	2,4	12 300
	175	2,439	4,725	6,0	4,0	2,6	13 600

TABLEAU G *(suite)*

Chaudières verticales tubulaires (timbre 5 *kg*).

FORCE EN CHEVAUX	DIAMÈTRE	HAUTEUR	PRIX
5	0,687	1,667	1 150
10	0,863	1,981	1 600
15	1,016	2,286	2 200
20	1,143	2,428	2 600
25	1,219	2,668	3 150
30	1,295	2,819	3 700
35	1,372	2,819	4 150
40	1,448	3,201	4 950
50	1,600	3,506	5 750
60	1,727	3,761	6 750
75	1,820	3;964	7 650

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

AVANT-PROPOS 293

CHOIX DU SYSTÈME DE DISTRIBUTION. 296

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LE CHOIX ET LA RÉPARTITION DES FOYERS DANS L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE D'UNE GARE. — Bâtiment des voyageurs et dépendances. — Halle aux voyageurs, quais, cours; halles aux marchandises et abords. — Voies. — Gares de triage. — Dépôts et dépendances . . 299

DOCUMENTS RELATIFS A L'ÉTUDE D'UN AVANT-PROJET.

ÉTUDE DU PLAN. 309

ÉVALUATION DES DÉPENSES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT 311

Canalisation. — Calcul de la canalisation. — Exemples. — Prix de revient, fils, poteaux, isolateurs, pose, appareils de sécurité, tableaux de distribution. 311

Lampes à arc et à incandescence. — Puissance des lampes à arc. — Espacement. — Prix des lampes. — Prix des supports. — Puissance des lampes à incandescence. — Durée des lampes. — Prix. — Appareillage intérieur et extérieur. Prix de l'appareillage. 321

Dynamos, Moteurs et Chaudières. — Types de dynamos. — Calcul de la puissance. — Prix. — Calcul de la force du moteur. — Choix du moteur. — Prix du moteur. — Prix des chaudières. — Matériel de secours. — Matériel électromécanique. — Accumulateurs. — Comparaison des deux systèmes 327

Bâtiment de l'usine. — Évaluation du prix. — Exemples. 333

ÉVALUATIONS DES DÉPENSES ANNUELLES. — Bases admises pour le calcul de l'intérêt et de l'amortissement des installations; de l'entretien de la canalisation des machines, du bâtiment; de la dépense de force motrice (combustible, graissage); de la dépense de personnel de l'usine; de l'entretien, de la surveillance des lampes; de l'usure des crayons des arcs; du remplacement des lampes à incandescence. 334

APPLICATIONS.

EXEMPLE D'ÉTABLISSEMENT D'UN AVANT-PROJET D'ÉCLAIRAGE POUR UNE GARE DE MOYENNE IMPORTANCE. — Dépenses de premier établissement et frais annuels d'exploitation 337

EXEMPLES D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES GARES ET PRIX DE REVIENT. 345

1er exemple. — Éclairage d'une gare de bifurcation de faible importance, mais ayant un service de nuit complet 346

2e exemple. — Éclairage d'une gare de moyenne importance avec service limité à minuit. 348

3e exemple. — Éclairage d'une gare importante avec service de nuit limité . 348

4e exemple. — Éclairage partiel d'une grande gare à voyageurs et d'une grande gare à marchandises avec service de nuit complet 350

5e exemple. — Éclairage d'une gare de triage à simple entrée. 352

6e exemple. — Éclairage d'une gare de triage à double entrée 354

Tableau récapitulatif des résultats obtenus 358

CONCLUSION. 356

COMPARAISON DE L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE AVEC L'ÉCLAIRAGE AU GAZ. 360

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES GRANDES GARES DE PARIS 365

Éclairage électrique de la gare de l'Est.

Éclairage électrique de la gare de l'Ouest (Saint-Lazare).

Tableaux annexes . . . . . 374 à 381

CHRONIQUE

N° 147

Sommaire. Essai d'une machine à triple expansion. — Les chemins de fer électriques. — Exposition internationale Sud-Africaine à Kimberley. — Un nouveau calorifuge. — Raccordement des gares de Rouen.

Essai d'une machine à triple expansion. — M. Isambert, Ingénieur en chef de l'Association badoise de surveillance des chaudières à vapeur, donne dans le *Journal des Ingénieurs allemands* le compte rendu des essais faits par lui sur un moteur de 500 *ch* à triple expansion construit par la Société alsacienne de construction mécanique, à Mulhouse, sous la direction de M. Goerich et installé dans la filature et tissage de coton de Kollnau à Waldkirch, près Fribourg (grand-duché de Bade).

Cette machine a trois cylindres horizontaux avec distribution par organes circulaires système Frikart. Le cylindre à haute pression est derrière le cylindre intermédiaire et sur la même tige actionnant la manivelle de droite ; le cylindre à basse pression a sa tige actionnant le condenseur et commande la manivelle de gauche. La vapeur est fournie par deux chaudières à eau dans les tubes du système de Naeyer, timbrées à 11 *kg* ayant chacune 216 m^2 de surface de chauffe et 5 m^2 de surface de grille. Ces chaudières ont à la suite un réchauffeur d'eau d'alimentation dit *economiser* Green.

Voici les dimensions respectives des cylindres :

		Haute pression	Intermédiaire.	Basse pression.
		—	—	—
Diamètre.	Cylindre. . . .	400,5	598,6	899,9
	Tige.	.75	90	95
	Contre-tige. . .	—	75	95
Course du piston		1 200	1 200	1 200

Les volumes des cylindres sont donc dans les rapports suivants : 1 — 2,42 — 5,82, en tenant compte des tiges et contre-tiges de pistons, ce qui donne exactement le même rapport entre le second et le troisième cylindre qu'entre le premier et le second.

Les expériences pour constater la vaporisation et consommation de combustible des chaudières, la puissance et la dépense de vapeur de la machine ont été faites les 14 et 15 octobre 1891. Les opérations ont commencé à 7 heures du matin et se sont terminées à 6 heures du soir, avec une heure de repos, de midi à 1 heure, ce qui donne une durée effective de dix heures. L'eau était mesurée avec deux compteurs préalablement vérifiés ; on relevait tous les quarts d'heure un diagramme d'indicateur sur chaque extrémité de chacun des trois cylindres. Les ressorts d'indicateurs avaient été au préalable tarés avec soin. Le premier jour, on

a fonctionné avec les deux chaudières brûlant du charbon de la Saar dit Louisenthal ; le second jour, avec une seule chaudière et de la houille flambante de la Ruhr.

I. — Vaporisation.

Dans l'essai du 14 octobre, on a brûlé 2 744 *kg* de charbon de Louisenthal, dont les cendres et résidus pesés ont donné 297,5 *kg*, et on a dépensé 22 078 *kg* d'eau d'alimentation.

Ces chiffres représentent une combustion de 0,63 *kg* de charbon par mètre carré de surface de chauffe (432 m^2) et par heure, et 27,44 *kg* par mètre carré de surface de grille et par heure.

La production de vapeur a été de 4,98 *kg* par mètre carré de surface de chauffe et 215,4 par mètre carré de surface de grille. Rapportée au combustible, la production de vapeur a été de 8,1 *kg* par kilogramme de charbon en vapeur à 10,4 *kg* de pression, avec de l'eau d'alimentation à 31 degrés centigrades.

Dans l'essai du 15 octobre, avec une seule chaudière de 216 m^2 de surface et du charbon de la Ruhr, on a brûlé 2 583 *kg*, dont 310 *kg* de cendres et résidus, pour vaporiser 23 503 *kg* d'eau. La combustion a donc eu lieu à raison de 1,2 *kg* par mètre carré de surface de chauffe et 51,6 *kg* par mètre carré de surface de grille, et la production de vapeur a été de 10,33 *kg* par mètre carré de chauffe et 444,33 *kg* par mètre carré de grille. Cette vaporisation donne 8,7 *kg* de vapeur par kilogramme de charbon de la Ruhr en vapeur à 10,4 *kg* avec de l'eau d'alimentation à 31 degrés centigrades.

Dans les deux essais, le service était fait par un chauffeur fourni par les constructeurs ; malgré la grande surface de grille, le chargement était très régulier et la pression se maintenait très constante avec 11 *kg* pour maximum et 10 *kg* pour minimum, soit en moyenne à 10 1/2 *kg*.

On remarquera que, dans le second essai, la vaporisation a été de 8,7 au lieu de 8,1 ; nous n'avons pas les éléments nécessaires pour apprécier si cette supériorité tient à la qualité du charbon ou à la combustion plus active, puisqu'on n'employait qu'une chaudière au lieu de deux. On sait cependant que, si une faible consommation de charbon par unité de surface de chauffe est une condition favorable de vaporisation économique, une combustion par trop lente, c'est-à-dire une trop faible consommation de charbon par unité de surface de grille, peut devenir désavantageuse.

II. — Puissance et Consommation.

Les diagrammes d'indicateur, relevés, comme nous l'avons dit, tous les quarts d'heure sur chaque extrémité de chacun des trois cylindres et mesurés au planimètre d'Amsler, ont donné les puissances suivantes collectives pour le 14 octobre :

405,19 *chx*	pendant	5 heures	= 2 025,95	chevaux-heures.
372,04 —	—	4,16	= 1 549,92	—
463,44 —	—	1,083	= 501,91	—
		10,15 h^{res}	= 4 077,78	chevaux-heures.

soit un travail moyen de 397,82 *chx* indiqués.

La dépense d'eau d'alimentation a été de 2 153,95 *kg* par heure, ce qui donne 5,414 *kg* par cheval-heure et celle de charbon de 0,63 *kg*.

Dans l'essai du 15 octobre, fait dans les mêmes conditions, mais avec une seule chaudière, comme il a été expliqué précédemment, on a trouvé :

394,28 *chx*	pendant	3 heures	= 1 182,84	chevaux-heures.
362,23 —	—	2	= 734,46	—
371,59 —	—	4,166	= 1 548,04	—
423,13 —	—	0,916	= 396,75	—
		10,5 h^res^	= 3 862,09	chevaux-heures.

Le travail moyen est de 383,1 *chx* indiqués.

La dépense en eau d'alimentation correspond à 5,824 *kg* par cheval-heure et la consommation de charbon à 0,673 *kg*.

Les constructeurs garantissaient une dépense maxima de 6 *kg* de vapeur par cheval et par heure, de sorte que les conditions du marché ont été entièrement remplies.

On remarque une variation assez sensible dans le travail effectué par le moteur, variation qui, dans l'essai du 14 octobre, a été dans le rapport de 1 à 1,25 pendant des périodes prolongées ; cette variation tient à la nature du service effectué par le moteur.

Le matin, de 7 à 10 heures, en plus des appareils de la filature, il actionne une dynamo pour charger des accumulateurs d'électricité ; de 1 à 5 heures, la filature seule, et de 5 heures à la fin de la journée, la filature et deux dynamos pour l'éclairage électrique. Il est intéressant dès lors de faire observer que ces remarquables résultats ont été obtenus avec une machine dont le travail, au lieu d'être sensiblement constant, présentait des variations assez considérables.

On a mesuré l'eau condensée dans les enveloppes et dans la tuyauterie ; le 14 octobre, avec les deux chaudières, on a trouvé 259 *kg* d'eau de condensation par heure ; le 15, avec une seule chaudière, 281 *kg* ; la proportion est en moyenne de 12 0/0 de l'eau d'alimentation. Cette eau de condensation *n'est pas déduite* dans la consommation de vapeur donnée plus haut. Nous insistons sur ce point parce que, dans certaines expériences, on a soin de déduire l'eau de condensation, ce qui ne donne plus de résultats comparables. Les 6 *kg* de vapeur garantis obtenus avec 8 *kg* de vapeur par kilogramme de charbon représentent une consommation de 0,75 *kg* de combustible par cheval et par heure ; avec la consommation effective réalisée le 14 octobre, de 0,63 *kg*, la différence de 0,12 *kg* appliquée à un travail de 500 *ch* pendant 12 heures par jour et 300 jours par an représente un poids de 216 *t* valant 29,80 *f* la tonne à l'usine, soit 6 436 *f*.

La consommation maxima de 0,673 du 15 octobre représente encore une différence de 0,077 *kg*, laquelle, totalisée comme précédemment, donne pour l'année un poids de charbon de 135 *t* valant à l'usine 4 083 *f*.

Le charbon de Louisenthal coûte rendu à l'usine 298 *f* le wagon de 10 *t*. Les 2 744 *kg* de la consommation du 14 octobre représentent donc une dépense de 81,77 *f*, ce qui, pour 397,82 *ch* pendant 12 heures un quart, fait 1,88 centime par cheval-heure.

Le charbon de la Ruhr coûte 30,50 *f* les 10 *t* à l'usine. On trouve, par le même calcul que plus haut, que la dépense par cheval-heure est de 2,04 centimes. La différence est bien minime, 0,16 centimes, mais appliquée à un travail de 500 *ch* pendant 12 heures par jour et 300 jours par an, elle représente encore la somme non négligeable de 2 880 *f* par an.

Les Chemins de fer électriques. — Le chemin de fer électrique *City and South London*, récemment établi à Londres entre la Cité et les quartiers de Stockwell et Clapham, dans la partie méridionale de la ville, présente un intérêt particulier en ce qu'il fonctionne dans des conditions qui se rapprochent de celles des chemins de fer à locomotives et qu'il a servi de point de départ pour l'établissement de différentes lignes analogues. On doit donc suivre avec attention les résultats qu'il donne. On sait que le *City and South London* a 5 100 *m* de développement ; son trafic est déjà très important, comme on va en juger.

Voici les résultats du deuxième semestre 1891 :

	Par kilomètre.	Total.
Recettes brutes	96 250 *f*	490 890 *f*
Dépenses d'exploitation	73 770	376 260
Recettes nettes	22 480	114 630
Intérêt sur les obligations	20 460	104 370
Dividende aux actions	2 020	10 260
Nombre de voyageurs transportés		2 749 055
Accroissement sur le semestre précédent, soit 14 0/0		336 712
Prix moyen payé par voyageur (abonnements non compris)		0,17 *f*
Nombre moyen de voyageurs par train		49,3
Recette moyenne par train-kilomètre		1,64
Dépense d'exploitation par train-kilomètre		1,24
Coefficient d'exploitation		76 0/0
Même coefficient, en ne tenant pas compte des dépenses relatives aux ascenseurs		66,5 0/0
Dépenses de traction par train-kilomètre		0,481

Dans ce semestre, le matériel a été augmenté de deux locomotives et de six voitures ; on espère le mettre ainsi à même de satisfaire au trafic aux heures de la plus grande affluence.

A la réunion des actionnaires où ont été présentés les résultats qu'on vient de voir, le président, M. Ch.-G. Mott, a exposé que l'expérience de l'année dernière a indiqué qu'il y avait toute raison d'être satisfait de l'emploi de la traction électrique et exprimé la confiance que lorsque tous les détails auront été amenés à la perfection, on trouvera que ce moteur est éminemment sûr, commode et économique.

Les deux premiers points n'ont point besoin d'explication ; pour le troisième il suffit, pour apprécier l'économie de la traction électrique, de rapprocher le chiffre de 0,481 *f* donné plus haut des dépenses de traction

qu'on trouve sur les grandes lignes de chemins de fer telles que le *North-Western*, le *Midland*, le *Great-Northern*, quelque chose comme 0,56 *f*. Et il faut tenir compte de ce que, dans ces prix de traction, les grandes lignes comptent le prix du combustible sur le carreau de la mine, tandis qu'au *City and North London* il est compté pris à Londres. A conditions égales, la dépense de traction descendrait pour le chemin de fer électrique à 0,41 *f*.

Contrairement à ce qui a été dit, les locomotives électriques du *City and South London* remorquent des trains pesant trois à quatre fois leur propre poids et cela sur une rampe de 35 *m* pour 1 000 *m* et une courbe et contre-courbe de 40 *m* de rayon. Les machines à vapeur du *Metropolitan* ne donnent pas cette proportion. La vitesse moyenne est actuellement de 21 *km* à l'heure, arrêts compris, ce qui est supérieur de 3 *km* au moins à la vitesse moyenne sur le circuit intérieur du *Metropolitan*. M. Mott dit qu'il a une expérience sérieuse de l'exploitation des chemins de fer à traction par la vapeur et que la pratique de l'année précédente du *City and South London* lui donne la confiance que le moment approche où l'électricité se substituera à la vapeur sur les chemins de fer.

Le journal américain *Engineering News*, où nous trouvons ces renseignements, les fait suivre de quelques observations où ne perce pas le même enthousiasme. Il pense que l'auteur a négligé de tenir compte dans sa comparaison des prix de traction des poids transportés. Les trains du chemin de fer électrique ne comportent que trois voitures et, comme le tunnel n'a que 3,05 *m* de diamètre, ces voitures ne peuvent pas être bien grandes. Elles contiennent 34 voyageurs, ce qui fait 102 pour le train, lequel ne pèse guère, machine comprise, que 38 à 40 *t*. Ces trains n'ont dès lors aucune analogie avec les trains du *Metropolitan*.

Si on prend des éléments plus comparables, on peut dire qu'en 1890, sur le chemin de fer aérien de Brooklyn, les dépenses d'exploitation ont été par train-kilomètre de 1,03 *f* et les recettes brutes de 1,68 *f*. C'est donc un coefficient d'exploitation de 62'1/2 0/0 ; les recettes sont supérieures de 0,04 *f* et les dépenses inférieures de 0,19 *f* à celles du chemin de fer électrique de Londres. Au *Manhattan Elevated Ry*, à New-York, les recettes brutes par train-kilomètre atteignent 3,85 *f* et les dépenses sont de 2 *f*, soit un coefficient d'exploitation de 0,52 *f*.

On peut dire que si, d'une part, on avait exagéré les difficultés qu'il y aurait à exploiter par l'électricité un chemin de fer aérien ou souterrain dans une ville, d'autre part on avait également estimé beaucoup trop haut les avantages économiques de la traction électrique. S'il est exact, comme le dit la *Revue générale des Chemins de fer* (février 1891), dans un article sur le *City and South London*, article dont les auteurs ont évidemment puisé les éléments à des sources autorisées, que « les entrepreneurs de cette ligne ont garanti la traction au prix excessivement réduit de 0,20 *f* le train-kilomètre », il a dû y avoir une singulière désillusion en voyant le coût réel monter à 0,48 *f*, soit plus du double du prix prévu.

Il n'est pas étonnant non plus qu'à la dernière réunion semestrielle, où les résultats que nous avons donnés plus haut ont été présentés, les actionnaires aient paru peu agréablement surpris du faible rendement

financier d'une ligne qui donne jusqu'ici seulement 45 000 *f* de produit net kilométrique annuel (en prenant le produit des deux semestres de 1891 égal au double du dernier) pour un prix d'établissement qui, d'après l'article déjà cité de la *Revue générale des Chemins de fer*, se serait élevé au chiffre formidable de 5 750 000 *f* par kilomètre, ce serait un revenu de 3/4 0/0 pour l'ensemble des actions et obligations, revenu qu'il faudrait quintupler au moins pour rendre l'affaire même médiocre au point de vue financier.

Il ne semble pas qu'une augmentation même énorme du trafic qui est déjà considérable actuellement puisse suffire à produire ce résultat. L'assemblée a néanmoins autorisé les directeurs à poursuivre l'extension de cette ligne, d'une part au moyen de deux nouveaux tunnels sous la Tamise, de l'autre par un prolongement, au nord, par King William Street, Prince's Street, Moorgate Street et City Road, jusqu'à Islington.

En résumé, l'expérience du *City and South London*, malgré les résultats financiers si peu brillants qu'elle a donnés jusqu'ici, a prouvé que l'électricité fournit un moyen pratique, sûr et commode, d'effectuer la traction dans certaines conditions, sans infériorité économique par rapport à la vapeur; mais, quoi qu'on en ait dit, rien dans cette expérience ne permet de prévoir que la traction électrique ait quelque chance de se substituer d'une manière générale à la traction par la vapeur pour le service des chemins de fer.

Exposition internationale Sud-Africaine à Kimberley. — Notre collègue, M. F. Adcock, a bien voulu faire envoyer à notre Société les documents relatifs à l'Exposition internationale du Sud de l'Afrique qui va avoir lieu cette année à Kimberley.

Au nombre de ces documents se trouve une intéressante notice lue le 26 février dernier, par M. L. Atkinson, directeur de cette Exposition, devant la Société des Arts, à Londres.

M. Atkinson explique que le motif qui a fait choisir Kimberley pour le siège de l'Exposition de l'Afrique du Sud est la position exceptionnelle et toute centrale que donne à cette ville la manière dont elle est desservie par les chemins de fer, ainsi que sa situation géographique à proximité des frontières de l'Etat libre d'Orange, du Bechuanaland et du Transvaal, et à une distance relativement faible de la colonie de Natal. On peut arriver à Kimberley par chemin de fer de Cape Town (1 042 *km*) en vingt-neuf heures et de Port Elizabeth (780 *km*) en vingt-sept heures, en voyageant de la manière la plus confortable dans des trains composés de wagons Pullmann éclairés à l'électricité.

En 1870, il n'y avait point encore de chemins de fer dans la colonie du Cap; aujourd'hui, les choses ont changé, il y a trois réseaux : l'Ouest, le Midland et l'Est, qui comprennent ensemble 3 300 *km*, dont 3 000 environ en exploitation.

Les recettes de ces lignes, qui sont exploitées par l'Etat, ont été de 30 millions de francs environ en 1891, en augmentation de près de 6 millions sur l'année précédente. Un progrès aussi indispensable à la civilisation que celui des chemins de fer a trouvé un

développement non moins rapide; ce sont les lignes télégraphiques, qui comptent actuellement 7 500 *km* de lignes et 18 000 *km* de fils.

La population de la colonie du Cap s'élève à 1 527 000 habitants, dont 377 000 Européens. La ville la plus peuplée est Cape Town, avec 51 000 habitants; Kimberley et Beaconsfield comptent ensemble une population de 39 000 habitants. Ce sont deux villes tout à fait cosmopolites, où on rencontre des représentants de toutes les nations du monde.

L'Etat Libre compte 206 600 habitants, dont 77 000 Européens, et la colonie de Natal, 544 000 habitants, dont 47 000 Européens, soit moins du dixième. Quant au Transvaal, on a essayé de faire une sorte de recensement, mais on n'a obtenu aucun résultat. On croit qu'il y a à peu près 120 000 Européens, mais on n'a aucun chiffre, même approximatif, sur la population indigène.

En 1890, la colonie du Cap a importé pour 312 millions de francs et exporté pour 349 millions; la presque totalité de ces chiffres est relative au Royaume-Uni et aux possessions britanniques. Sur le chiffre des exportations, la laine figure pour 55 millions de francs.

L'or a fourni l'année dernière une somme totale de 70 millions en nombres ronds; le produit du mois de janvier de cette année a été de 8 250 000 *f*, ce qui représenterait près de 100 millions pour l'année entière.

En 1891, il y a eu 52 mines dans le Witwatersrant qui ont donné des dividendes variant de 1 à 50 0/0. Si on considère que, en 1885, la production d'or n'était que de 1 600 000 *f*, on trouve qu'en sept années elle aura augmenté dans le rapport de 1 à 60.

Cette prospérité n'a pas été entravée par la crise formidable qu'a amenée en 1888 la spéculation excessive produite par le développement même de cette industrie.

L'élevage des bestiaux est déjà important, mais est loin d'atteindre ce qu'on peut prévoir d'après l'exemple de l'Australie pour les moutons et de l'Amérique du Sud pour la race bovine.

L'objet de l'Exposition est de montrer les ressources minérales et agricoles que présente l'Afrique méridionale et également d'encourager l'envoi dans cette contrée de tout ce dont elle a besoin pour y développer ses ressources et ses industries, tel que matériel de transport, matériel de mines, machines agricoles, objets manufacturés, objets de luxe, etc.

On fait valoir en faveur de la consommation de ces derniers que beaucoup de gens qui ont fait fortune au Cap y restent au lieu de revenir en Europe et s'y installent confortablement et même luxueusement. On en a eu la preuve à l'Exposition de 1889, à Paris, où quantité d'objets d'art, meubles riches, tableaux, etc., ont été achetés pour le Cap.

L'Exposition comprend cinq groupes : A. les produits bruts, végétaux, animaux et minéraux; B. les produits manufacturés; C. les machines; D. les sciences; E. les beaux-arts.

Il y aura pendant l'Exposition un concours pour des perforatrices, des explosifs, chaudières, machines à vapeur, compresseurs d'air, éclairage de mines et autres appareils pour l'exploitation. Des prix seront décernés dans chaque groupe.

L'Exposition doit être ouverte en septembre 1892 et durera trois mois.

Un nouveau calorifuge. — Nous avons eu à plusieurs reprises l'occasion d'appeler l'attention sur l'intérêt considérable que présente pour l'industrie l'emploi des matières calorifuges pour la protection des conduites et récipients renfermant des liquides chauds ou de la vapeur et d'indiquer l'économie très importante qu'on peut réaliser en pratique par cette précaution.

Les matières qu'on peut employer dans ce but sont très nombreuses, mais il en est peu qui réunissent toutes les conditions qu'on doit exiger d'un bon isolant.

Notre collègue, M. Hermel, nous a signalé un nouveau calorifuge qui paraît mériter l'attention des intéressés.

La base est une matière fossile formée de fibres végétales qui ont subi une combustion lente pendant des périodes géologiques. Cette matière se trouve en France, dans les départements de l'Aisne et de la Somme, peut être aussi dans les Landes. On la trouve en Saxe en quantités considérables. On l'agglomère avec un agglutinant approprié pour en faire des briques ou pièces moulées propres à servir pour toute espèce de revêtement. Ce produit, qui a au plus haut degré les qualités qui font employer le liège comme isolant et calorifuge, a reçu le nom de Simili-Liège.

Pour employer ce produit à la protection des conduites ou récipients, voici comment on opère d'après les indications données par M. Hermel :

On applique d'abord sur la surface du tuyau ou récipient une couche de 3 1/2 *mm* environ de mastic isolant à base de Kieselguhr appliqué à la truelle. Sur cette couche on place le simili-liège sous forme de pièces moulées d'avance à la demande et d'une épaisseur de 25 à 30 *mm*. Enfin on recouvre cette enveloppe d'une bande de toile enduite d'une couche de peinture au silicate ou vernis imperméable.

On obtient ainsi une enveloppe répondant à toutes les conditions exigées d'un calorifuge, conditions qu'on peut énumérer comme suit :

Faible coefficient de conductibilité.
Faible pouvoir rayonnant.
Faible poids spécifique pour ne pas charger les conduites.
Faible pouvoir hygrométrique.
Incombustibilité.
Prix peu élevé.
Longue durée.
Pose facile.

M. Hermel cite, à l'appui de l'efficacité de ce système d'enveloppe, les résultats obtenus sur la chaudière et le tuyautage de la machine de l'atelier des rouleaux compresseurs de la ville de Paris où, dans une période d'un mois, la consommation journalière de charbon qui était de 300 *kg* de charbon s'est abaissée à 230 *kg*, soit une économie de 23 0/0. Ces constatations ont été faites par M. Verger, conducteur des ponts et chaussées, attaché au service municipal.

Le simili-liège a encore une application intéressante. C'est un isolant parfait pour amortir le son; moulé sous forme de briques, il peut se couper, se coller, se fixer par clous ou par vis pour s'appliquer comme revêtement aux planchers, cloisons, portes, etc. On en fait un usage

journalier pour la construction des planchers et pour les cabines téléphoniques.

Raccordement des gares de Rouen. — Notre collègue, M. de Coëne, a présenté à la Société industrielle de Rouen, dans la séance du 5 février dernier, une importante communication sur le raccordement des deux gares de la rive gauche de la Seine à Rouen, communication dont une partie notamment nous paraît devoir être signalée par l'intérêt particulier qu'elle présente.

Les quais de la rive gauche du port de Rouen atteignent aujourd'hui un développement de 6 000 *m* et sont appelés à s'allonger encore. Leur liaison avec la gare de Saint-Sever s'opère par la voie unique établie en 1862 par la rue Dutronché et qui est devenue absolument insuffisante. On a reconnu la nécessité d'établir une communication nouvelle entre ces quais et les deux gares de la rive gauche : Saint-Sever et la gare d'Orléans.

Ce raccordement aurait une importance considérable, au point de vue général, en ce qu'il permettrait d'organiser la circulation des trains par une nouvelle voie entre le Nord de la France et les lignes du Midi, Orléans et Bordeaux.

L'exécution de ce projet présentait quelques difficultés. Il faut, par suite des conditions locales, passer en dessus du sol ou en dessous.

La construction d'un viaduc présentait des inconvénients dont un, très sérieux, était la nécessité d'avoir aux deux extrémités des rampes qui eussent créé une cause de dangers graves en laissant les trains arriver à une vitesse exagérée dans les gares en cas d'accident ou de fausses manœuvres.

Aussi, après enquête et entente entre toutes les autorités, le ministère des travaux publics a-t-il jugé que le raccordement devait se faire par une tranchée offrant d'ailleurs la possibilité de modifier la largeur ou même la direction des rues aboutissant aux quais de la Seine.

La solution par tranchée une fois admise, il restait à rechercher les moyens de la réaliser malgré les difficultés très sérieuses que soulève la nature du terrain traversé. La première solution consiste dans la fondation à l'air comprimé de deux murs longitudinaux appuyés sur le terrain solide et reliés par un radier en maçonnerie.

L'épaisseur des murs devrait être excessive et exigerait une zone d'expropriation considérable; de plus, l'étanchéité de la construction ne serait pas assurée.

M. de Coëne propose un mode d'exécution qui lui paraît devoir présenter de grands avantages, et c'est ce point que nous désirions signaler à l'attention de nos lecteurs, parce que ce système trouve son application d'une manière générale dans l'établissement d'un chemin de fer à travers un terrain perméable et aquifère placé dans le voisinage d'un fleuve ou d'une rivière.

Le principe consiste à former la tranchée d'un caisson métallique en forme de coque de bateau ayant le fond renforcé par des varangues ou poutrelles transversales sur lesquelles seraient établies les voies et des murailles verticales. Ce fond et ces parois seraient revêtus de maçonnerie.

Cette tranchée, étanche par elle-même, serait de plus recouverte d'une toiture en tôle ondulée pour la mettre à l'abri des pluies.

Les avantages revendiqués en faveur de ce système sont :

1° De se mettre à l'abri de l'inondation de la tranchée et de pouvoir faire un ouvrage qui serait impossible autrement ou tout au moins très coûteux ;

2° De réduire les dimensions de l'ouvrage au strict nécessaire par l'emploi du fer, dont la résistance est très considérable comparée à celle des maçonneries ;

3° De diminuer de plus de 50 0/0 le poids des maçonneries ;

4° D'être d'une durée illimitée, tout comme les constructions en maçonnerie ;

5° D'apporter une économie notable par la réduction des dimensions de l'ouvrage et de la zone d'expropriation.

D'après l'avant-projet joint à la note, le poids de la partie métallique pour un caisson de 10,40 *m* de largeur et 6,20 de profondeur serait de 4 200 *kg* par mètre courant ; la maçonnerie cuberait 18,8 m^3 par mètre courant, la couverture pèserait 315 *kg*, ce qui donnerait un prix total de 2 820 *f* par mètre courant, non compris le terrassement, le ballast et la pose de la voie.

Pour une tranchée de 600 *m* de longueur, la dépense totale, y compris un aqueduc, les ponts supérieurs pour le passage des rues et les terrassements, s'élèverait à 2 100 000 francs.

COMPTES RENDUS

SOCIETE D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Février 1892

Rapport de M. Hirsch sur l'**épuration des eaux**, système Howatson.

Cet appareil a pour objet l'épuration des eaux destinées, soit à l'alimentation des chaudières à vapeur, soit aux usages de la blanchisserie, du lavage, de la teinture, des apprêts, etc. Il est basé sur l'épuration préalable avec séparation des précipités par la filtration combinée avec la décantation.

Les réactifs employés par M. Howatson sont, comme d'ordinaire, la chaux et le carbonate de soude. La chaux, en s'emparant de l'acide carbonique en excès, précipite le carbonate de chaux qui existait dans l'eau à purifier; le carbonate de soude, par double décomposition, agit sur le sulfate de chaux qu'il précipite à l'état de carbonate insoluble en se transformant en sulfate de soude. Les deux réactifs étendus d'eau sont soumis à l'action d'un agitateur dans une cuve spéciale, puis versés dans l'eau à purifier, en proportions déterminées, au moyen d'un système de flotteurs et d'orifices de dimensions calculées. Le mélange arrive dans le bas d'un cylindre vertical; les parties les plus denses se séparent et restent à l'état de boue dans la partie inférieure du cylindre, d'où il est facile de les extraire par un robinet de purge. Au milieu de la hauteur du cylindre est un filtre formé d'une couche épaisse de paille de bois serrée entre deux grilles. C'est là que s'achève la purification. C'est à la partie supérieure du cylindre que se trouve l'eau épurée.

On peut estimer que, pour ramener de l'eau de Seine à 19 et 21° à l'hydrotimètre, à 4 ou 5°, il suffit d'employer, par mètre cube, 180 *g* de chaux et 70 de carbonate de soude; ce qui ne fait que quelques centimes de dépenses. La manipulation est très simple et l'épuration qui ne dure que quelques minutes peut être faite par n'importe quel ouvrier convenablement guidé.

Rapport de M. Redier sur une **serrure de sûreté** présentée par M. Megissier.

Il s'agit d'une serrure à gorges mobiles à laquelle il a été ajouté deux autres groupes de gorges placées à droite et à gauche de l'entrée. Ces gorges supplémentaires sont combinées avec une roue-étoile et un loquet à bascule, de sorte que la clé de la serrure peut seule franchir l'une ou l'autre de ces gorges supplémentaires pour atteindre les gorges mobiles ordinaires. Le pène et la gâche ont également des dispositions spéciales.

L'ensemble présente une certaine complication; aussi l'emploi de cette serrure paraît devoir rester limité, mais l'avis du rapporteur est que, quand il ne resterait que la solidité de la gâche, formée de deux parties qui s'emboitent en se superposant, l'invention mérite d'être propagée.

Suit la description détaillée de la serrure avec deux figures.

Rapport de M. GIBON sur l'**Étude sur l'inventaire des Sociétés industrielles**, présentée par M. DIDIER.

Notice nécrologique sur ERNEST FERAY, membre honoraire du Conseil de la Société d'Encouragement, par M. le colonel PIERRE, vice-président de la Société.

Rapport de M. le général SEBERT au nom de la Commission chargée de suivre les **travaux d'installation des moteurs** de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale.

Ces installations comprennent des conduites d'air comprimé reliées à la canalisation récemment établie par la Compagnie Popp sur le boulevard Saint-Germain, conduites destinées à assurer différents services.

Elles doivent d'abord alimenter de petits moteurs à air comprimé placés dans les grandes salles du rez-de-chaussée et du premier étage, et un moteur actionnant un ventilateur servant à l'aérage de la grande salle du premier étage. Elles doivent également desservir un moteur à air comprimé de 16 *ch* actionnant des machines dynamos pour l'éclairage électrique ou pour d'autres manifestations de l'énergie électrique.

Ces installations sont terminées et fonctionnent de la manière la plus satisfaisante. On peut signaler particulièrement les petits moteurs rotatifs Popp qui sont montés sur des socles à roulettes pour être amenés à l'endroit où on en a besoin, et qui peuvent être reliés par des tuyaux en caoutchouc avec les prises d'air comprimé établies dans les salles.

Le grand moteur est une machine verticale de la maison Jean et Peyrusson, de Lille, qui donne 16 *ch* à 4 *kg* de pression d'air et 160 tours par minute. L'air introduit est réchauffé à l'aide d'un réchauffeur alimenté au coke, placé à côté de la machine.

Les dépenses totales se sont élevées à 17 000 *f* en nombre rond.

La Société a étudié un projet de tarif destiné à fixer les redevances à payer par les Sociétés qui feraient usage des installations dont il s'agit, tarif établi de manière à couvrir la Société d'Encouragement des dépenses effectives de la mise en marche des moteurs et, dans une certaine mesure, de l'intérêt des fonds qu'elle a dû débourser pour ces installations, et des dépenses d'entretien et de service général des appareils.

Suit la description détaillée des installations d'air comprimé et d'électricité et le règlement relatif à la location de ces installations. Le tarif, pour une séance, est fixé à 50 *f* pour la location du moteur de 16 *ch*, des machines dynamos et des circuits et accessoires destinés, soit à l'éclairage électrique, soit à des expériences, y compris un mécanicien et un électricien, et à 40 *f* sans l'électricien ; à 20 *f* pour la location d'un petit moteur à air comprimé, y compris le mécanicien, et à 10 *f* sans mécanicien.

L'air comprimé est payé à part, au compteur et au tarif de la Compagnie Popp, soit 0,01 1/2 *f* le mètre cube ramené à la pression atmosphérique. Il n'est rien payé pour l'emploi du ventilateur.

La paix des ateliers, par M. Gibon *(suite et fin)*.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Décembre 1891

Note sur l'**Assainissement de la Seine** et les siphons des îles Saint-Louis et de la Cité, par M. F. Meyer, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La Ville de Paris a depuis plusieurs années déjà exécuté de grands travaux pour évacuer les eaux d'égouts dans la Seine en aval de la ville; et il n'existait plus de cause de pollution du fleuve entre Bercy et le Point-du-Jour en dehors des eaux ménagères et fluviales de l'île Saint-Louis et de la Cité, lesquelles ne pouvaient trouver d'autre issue que la Seine, ces îles n'ayant aucune communication directe avec les galeries d'égout par deux rives.

Pour remédier à cet état de choses, on a entrepris la transformation des égouts de ces deux quartiers et leur mise en communication avec le réseau général par deux siphons.

Le siphon de l'île Saint-Louis est établi entre le quai Bourbon et le quai de l'Hôtel-de-Ville; il se compose de deux tubes de 0,40 *m* de diamètre en tôle de 11 *mm* à rivures fraisées intérieurement pour que la surface soit parfaitement lisse en dedans. Les portions de tube au nombre de seize pour chacun sont assemblées à brides.

Les deux tubes distants de 0,27 *m* sont réunis par des entretoises en tôle et cornières. Le poids est de 143 *kg* par mètre courant.

Les siphons ont été montés sur la rive, puis ripés jusqu'à l'eau avec des crics et des leviers; on les a suspendus à des bateaux munis de treuils et on a pu les échouer dans une tranchée préalablement faite à la drague dans le lit de la rivière sur des tasseaux en béton réglés et nivelés par un plongeur. Quelques heures ont suffi pour l'opération. Le raccordement des tubes avec les orifices préparés d'avance sur les deux rives a été effectué par des scaphandriers.

Le siphon de la Cité, qui n'a que 78 *m* de longueur, au lieu de 119, a un diamètre un peu plus grand, 0,50 *m*. Il a été lancé et coulé dans les mêmes conditions.

Il est nécessaire de dire quelques mots de la manière dont s'effectue la circulation dans les siphons.

L'écoulement, vu la faible différence de niveau, ne pouvait être obtenu sans relèvement artificiel.

Ce relèvement est effectué par des pompes centrifuges actionnées par

une turbine motrice actionnée par l'eau de la Ville à la pression de 40 *m* environ.

Le nettoyage des siphons se fait, comme à celui de l'Alma, par une boule en bois de 0,30 *m* de diamètre qui pèse 10 *kg* environ. Sous de faibles charges, cette boule met deux minutes et demie à parcourir la longueur de 119 *m* du siphon de l'île Saint-Louis.

L'ensemble des travaux a coûté 365 000 *f* dans lesquels la fourniture et la pose des siphons entrent pour une centaine de mille francs.

Note sur **le pont tournant du Pollet**, par M. P. Alexandre, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le pont tournant du Pollet au port de Dieppe couvre une passe de 40 *m* d'ouverture.

La volée a 47 *m* et la culasse 23,50, soit la moitié de la première. Le tablier a ainsi 70,50 *m* de longueur totale. La largeur est de 7 *m* dont 4,50 *m* pour la chaussée et 2,50 *m* pour les deux trottoirs. La première est divisée en deux zones, l'une pour l'aller, l'autre pour le retour, par un heurtoir de 0,12 *m* de hauteur et 0,50 *m* de largeur.

Le pont se compose de deux maîtresses poutres en forme de caisson à table inférieure à peu près horizontale et à table supérieure profilée suivant un arc de cercle de 65 *m* de rayon. La hauteur des poutres est de 7,113 *m* au droit du pivot, 2,75 *m* à l'extrémité de la volée et 5,97 à l'extrémité de la culasse. La largeur des tables est de 0,80 *m* et les tables supérieure et inférieure sont réunies par des montants verticaux et des croix de Saint-André. Les poutrelles établies au droit des montants verticaux ont leur partie supérieure horizontale et le dessous en arc de cercle de 0 524 *m* de flèche ; elles sont elles-mêmes en treillis ou caisson, comme les poutres principales. La grande hauteur des poutres a permis de les entretoiser et contreventer à la partie supérieure.

Le lest pèse 234,5 *t ;* il est formé de blocs de fonte et placé dans une caisse sous le plancher de la chaussée et des trottoirs.

Le pont lui-même pèse 500 *t.*

La manœuvre s'opère à l'aide de l'eau sous pression dans le système dit à basculement ; c'est-à-dire que le tablier repose sur le pivot sans lui être fixé et peut, au contraire, basculer autout de lui.

On dégage, avant la rotation, l'extrémité de la culasse en la soulageant avec des vérins hydrauliques ; le tablier, n'étant plus soutenu à l'extrémité de la culasse, bascule et l'extrémité de la volée se dégage de son appui.

Le pivot a 1,27 *m* de diamètre et repose au fond du pot de presse par une bande annulaire d'acier de 1 *m* de diamètre extérieur et 0,50 de diamètre intérieur ; la pression maxima n'est que de 89 *kg* par centimètre carré.

La rotation s'effectue au moyen de deux cylindres de 0.475 *m* de diamètre, dont les plongeurs actionnent, par des multiplicateurs à chaines, une couronne de 9,35 *m* de diamètre concentrique au pivot.

Une opération complète d'ouverture ou de fermeture peut ne demander, en cas d'urgence, que 90 secondes ; mais, en service courant, on met deux à trois minutes.

Les dépenses se sont élevées à 89 000 *f* pour les maçonneries, 224 000 pour le tablier métallique, construit par la Société des ponts et travaux en fer, et 191 000 *f* pour les mécanismes établis par la Compagnie de Fives-Lille, soit en tout 530 000 *f*. Dans ce prix ne figure pas la machinerie centrale comprenant : deux machines à vapeur de 40 *ch*, deux chaudières, un accumulateur, etc., ayant coûté avec les bâtiments 190 000 *f* en nombre rond, et dont l'usage n'est pas spécial à la manœuvre du pont tournant.

Note sur les études relatives à l'**alimentation de Paris en eau de source**, durant la période 1881-1885, par M. Bechmann, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Cette période d'études comprend un essai de statistique des sources auxquelles on pouvait penser pour l'alimentation d'eau de Paris, sources au nombre de 635, puis l'étude complète d'un certain nombre de solutions, dont l'une, la dérivation des sources de l'Avre, d'une part, et de celles du Loing, du Lunain et de la Voulzie, d'autre part, fut adoptée. On peut y ajouter l'avant-projet de la dérivation de la Vigne et de l'Avre, étudiée dès 1885, et dont la déclaration d'utilité publique a seulement été prononcée par la loi du 5 juillet 1890. Les travaux ont été entrepris récemment, et ce ne sera au plus tôt qu'après neuf ans d'attente que les eaux de source, acquises en 1884, pourront être enfin distribuées dans Paris.

Conditions admises pour le **travail du métal dans les ponts de chemins de fer** aux États-Unis, par M. H. Rousseau, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

A défaut d'un règlement général définissant pour les ponts et viaducs les limites de travail, les qualités du métal, les charges à admettre pour les ouvrages et les épreuves à leur faire subir, les constructeurs américains adoptent des règles individuelles qui présentent toutefois un certain degré d'uniformité. La note renferme à ce sujet des renseignements résultant d'une comparaison entre plusieurs types de cahiers des charges publiés récemment, soit par des Compagnies de construction, soit par des Ingénieurs chargés de rédiger des projets, au nombre desquels est cité notre collègue, M. Bouscaren.

Bélier hydraulique à pulsations rapides, par M. Decœur, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le bélier hydraulique, pour de grandes élévations d'eau, donne lieu à des chocs violents dus au défaut d'élasticité de la colonne percutante et à l'inertie des soupapes. L'auteur a cherché à améliorer cette machine en rapprochant les orifices pour l'écoulement alternatif dans le bassin de chute et dans le tuyau de refoulement et en activant avec des ressorts le mouvement oscillatoire des soupapes. Un petit appareil construit d'après ces principes par MM. Rouart, refoule, avec 240 pulsations par minute, 0,8 *l* à 22,50 *m* au-dessus de la source, en donnant un rendement de 91 0/0 ; cet appareil fonctionne à peu près sans bruit. M. Decœur pense que ces appareils perfectionnés pourraient être appliqués à l'alimentation des canaux et à l'élévation de l'eau pour les distributions

dans les villes. Ils exigeraient moins de frais d'installation, d'entretien et de surveillance que les machines élévatoires à pompes et moteurs hydrauliques.

JANVIER 1892

La Durance ; régime, crues et inondations, par M. E. Imbeaux, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La Durance est la plus extraordinairement torrentielle des grandes rivières françaises, et la grande quantité de neige qui se forme dans son bassin très montagneux modifie notablement son régime. L'exagération de son allure torrentielle s'explique d'ailleurs par l'imperméabilité de son bassin, le grand nombre et l'élévation des montagnes qui le couvrent. sa météorologie toute différente de celle du reste de la France, enfin les fortes pentes, tant de la rivière que de ses versants.

L'influence de la neige est remarquable en ce qu'elle soustrait en hiver une notable quantité d'eau à la rivière pour la lui rendre au printemps ou en été. De là un étiage pendant la saison froide et une période de hautes eaux d'avril à juillet. Cette influence de la neige est facile à constater, mais beaucoup plus difficile à préciser. On ne peut le faire jusqu'ici que par des hypothèses et il serait à désirer qu'on pût l'étudier de plus près au moyen d'observations à faire sur les neiges à l'avenir.

Les crues de la Durance ont une extrême rapidité de formation et de propagation. Le problème de l'annonce des crues devient ici d'une très grande difficulté et les écarts tant sur l'heure que sur la hauteur du maximum acquièrent une importance considérable. Si donc on essayait d'organiser, d'après les indications de ce travail, un service d'annonce de crues, il faudrait se garder d'assumer une trop grande responsabilité au sujet de la précision de ces indications. On peut espérer néanmoins qu'avec des observations multipliées on arrivera, avec le temps, à se rapprocher peu à peu de la véritable solution.

Un tunnel sous la Clyde. — C'est la reproduction, avec indication d'origine, de l'article de même nom de notre Chronique d'octobre 1891.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNIONS DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 6 février 1892.

Communication de M. MAQUET sur la **Distribution à changement de marche de M. N. Fouquemberg.**

Cette distribution, imaginée par M. Fouquemberg, constructeur à Wasme (Belgique), est réalisée par l'emploi d'un tiroir à double orifice se mouvant sur une table à simples lumières. Ce tiroir peut être considéré comme formé de deux tiroirs simples, l'un pour la marche en

avant, l'autre pour la marche en arrière et que l'on fait fonctionner alternativement.

Le changement de marche s'effectue par un déplacement du tiroir sur sa tige dans le sens de l'axe de celle-ci, déplacement qui peut être obtenu par plusieurs dispositifs ou par le déplacement de la table par rapport au tiroir.

Les avantages indiqués pour ce système de changements de marche sont les suivants :

1° Les tiroirs sont sûrement étanches, le fluide moteur les tenant appuyés sur la table, quel que soit le sens de la marche ;

2° L'espace nuisible est aussi réduit qu'avec un tiroir à coquille ordinaire. Toutefois, dans la disposition à table déplaçable, les lumières s'allongent de l'épaisseur de la table mobile qu'il convient de réduire autant que possible ;

3° Les lumières sont courtes, ce qui convient avec l'air comprimé pour éviter la formation de glaçons ;

4° Le machiniste peut faire toutes ses manœuvres et arrêter les machines avec le levier de changement de marche sans recourir au régulateur ;

5° La disposition à table mobile, composée de deux glissières, permet de les intervertir et de faire gouverner automatiquement la machine même à distance. Cette disposition a été réalisée comme évite-molettes dans des treuils de mines construits par M. Fouquemberg ;

6° Enfin, le système rend l'appareil silencieux, contrairement à la coulisse Stephenson qui ferraille et se détraque rapidement aux grandes vitesses.

Ces différentes qualités de la distribution Fouquemberg la rendent applicable à beaucoup d'appareils et en particulier aux treuils, machines de levage, grues, cabestans, défourneuses, etc.

Ce genre de changement de marche a, par contre, l'inconvénient de ne pas admettre d'avance ni à l'admission ni à l'échappement et par conséquent de donner une distribution peu avantageuse. Un système très analogue a été employé, il y a une vingtaine d'années, par la maison Danek, de Prague, pour des machines d'extraction ; la description en a été donnée dans la *Revue industrielle* du 17 février 1875.

Machine à agglomérer la houille en boulets ovoïdes, de M. Fouquemberg.

Dans les cylindres à empreintes commandés par des engrenages tangentiels, dès qu'il y a de l'usure dans les dents, les demi-moules ne se correspondent plus exactement. Pour éviter cet inconvénient, M. Fouquemberg munit les cylindres de roues hélicoïdales commandées par vis sans fin. Si les vis et engrenages s'usent également, les demi-moules restent en concordance ; si l'usure est inégale, il suffit d'un simple déplacement longitudinal de l'arbre des vis pour ramener les moules en face l'un de l'autre.

Ces machines sont employées notamment dans l'usine installée en 1890 pour la Société des Charbonnages du Nord de la Hongrie, sur le Danube.

Quelques considérations sur l'aérage des mines à grisou.

M. Rateau traite les cinq questions suivantes :

Comment le grisou vient-il dans la mine?

Comment peut-on s'en débarrasser? Nécessité de l'aérage mécanique.

Emploi des ventilateurs. Supériorité des ventilateurs sur les foyers.

Cette communication donne lieu à de nombreuses observations de la part des membres présents.

Manomètres multiplicateurs à cloche.

M. Rateau décrit un manomètre multiplicateur à cloche flottante à flotteur cylindrique ou prismatique qui permet de contrôler et d'enregistrer tous les éléments de l'aérage (dépression, débit, vitesse de la machine) et aussi de produire automatiquement la régulation de l'un de ces trois éléments.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de janvier 1892.

Rapport annuel présenté par M. F. Binder, secrétaire.

Mouvement de la caisse de la Société industrielle.

Les recettes de la Société ont été, en 1891, de 203 787 marks dont une grande partie, 101 105 marks, provient du solde en caisse au 31 décembre 1890. Les recettes rentrant dans le budget spécial de la Société industrielle ont été de 44 681 marks dont 25 000 de cotisations et le reste de recettes accessoires, telles que locations de salles, loyers de maisons, etc.; les recettes rentrant dans le budget spécial de l'école de dessin montent à 14 215 marks et proviennent, en grande partie, de fondations.

Les dépenses totales s'élèvent à 170 319 marks dont 43 799 pour la Société industrielle. Dans celles-ci les bulletins et publications figurent pour 10 642 marks, les traitements pour 10 059 ; une somme importante, plus de 8 000 marks, est attribuée aux musées et jardin zoologique. Les dépenses concernant l'école de dessin montent à 13 749 marks. Le service des diverses fondations absorbe 29 737 marks et, bien que 55 494 marks aient été consacrés à l'achat de titres, il restait encore, au 31 décembre 1891, un solde en caisse de 33 468 marks. Ces chiffres indiquent une situation excessivement prospère.

Recherches sur les **matières colorantes dérivées du triphénylméthane**, par M. Noelting *(suite)*.

Matériaux pour servir à **l'Histoire du commerce et de l'industrie d'Alsace,** présentés par le Comité d'histoire, de statistique et de géographie.

Notice explicative par M. Fritz Kessler.

Cette note concerne en grande partie les relations commerciales de l'Alsace et la manière dont ses produits manufacturés trouvaient leurs débouchés dans les pays voisins. Jusqu'en 1790, l'Alsace, la Lorraine et la Franche-Comté se voyaient traitées, au point de vue douanier, comme des provinces étrangères, c'est-à-dire que les bureaux de douane se trouvaient établis aux frontières respectives de ces provinces, mais vers l'intérieur de la France. Cette mesure avait pour objet de respecter l'autonomie particulière et propre à chacune des provinces ramenées pour ne pas froisser le caractère, les mœurs et coutumes des habitants. Ce n'est qu'en 1790 que cette situation fut modifiée et que les bureaux de péage furent reportés à la frontière du Rhin.

En 1791 parut pour l'Alsace entière un nouveau tarif de douane considérablement adouci et la position de Mulhouse, « ville alliée de la France et de la Suisse », comme elle se qualifiait, devint très difficile. Elle fit demander à l'Assemblée nationale l'assimilation de son commerce avec celui de l'Alsace, comme, du reste, différents décrets du gouvernement l'établissaient depuis 1680. Les habitants du Haut-Rhin, qui voyaient d'un mauvais œil l'essor que prenaient le commerce et l'industrie de la ville libre, et les fabricants de l'intérieur, qui craignaient la concurrence des vingt-deux fabriques de Mulhouse, firent tout leur possible pour s'opposer à la ratification d'un traité de commerce avec cette ville, et les choses traînèrent ainsi jusqu'à l'annexion de Mulhouse au territoire français.

A cette note sont joints un certain nombre de documents officiels relatifs au service des douanes à la frontière d'Alsace avant 1790.

Transformation des **isomères à liaison simple du carbone**, par M. M. Prudhomme.

Notice nécrologique sur **M. Frédéric Zuber**, par M. Van Zuber.

Notice sur le **régime légal des Sociétés coopératives** et sur la nouvelle association formée entre elles, par M. Diemer-Heilmann.

D'après la loi allemande du 1er mai 1889, l'administration de toute Société coopérative doit être revisée au moins tous les deux ans par un reviseur compétent et étranger à la Société et nommé par le tribunal; mais la Société a droit de présentation. Si, par contre, plusieurs Sociétés se réunissent pour former ensemble une association de Sociétés coopératives qui entreprend, dans le sens de la loi, la revision régulière, le gouvernement peut lui donner le droit de nommer le reviseur. Une association de ce genre peut, en outre, se donner comme mission le développement des affaires des Sociétés associées, la garde et la défense communes de leurs intérêts ainsi que l'entretien de relations mutuelles. On comprend dès lors l'intérêt qu'il peut y avoir à une association de ce genre.

Elle a été réalisée entre trente-trois Sociétés alsaciennes réunissant 4 600 membres.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 10. — 5 mars 1892.

Installation de bains et leur disposition intérieure, par R. Mildner.

Nouveaux chemins de fer de montagne en Suisse, par A. Gœring.

Chute du pont sur la Birse à Mönchenstein, par Hartmann *(fin)*.

Principes de technologie mécanique et de résistance des matériaux, par F. Kick.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Rapport de la commission du groupe d'Aix-la-Chapelle sur l'emploi du métal fondu.

Groupe de Berlin. — Coupe-circuits et avertisseurs électriques d'incendie.

Assemblée générale des maîtres de forges allemands, à Dusseldorf, le 31 janvier 1892.

Variétés. — Les écoles techniques supérieures de l'Empire allemand dans le semestre d'hiver 1891-92. — Avancement des travaux du pont tournant de Fordon en 1891. — Emploi du métal fondu dans la construction des ponts en Autriche. — Situation comparative des patentes d'invention, modèles et marques de fabrique en Allemagne, Autriche-Hongrie et Italie.

N° 11. — 12 mars 1892.

Installation de bains et leur disposition intérieure, par R. Mildner *(fin)*.

Nouveaux chemins de fer de montagne en Suisse, par A. Gœring *(suite)*.

Appareils de chargement pour navires et chemins de fer, par B. Gerdau.

Construction navale, par A. Schmidt.

Groupe de Berlin. — Projet de chemin de fer électrique souterrain à Berlin.

Variétés. — Importation et exportation de machines et de matériel de transport de l'Union douanière allemande en 1891. — Influence des matières étrangères mélangées au caoutchouc et à la gutta-percha dans les emplois de ces produits par la pratique. — Installation d'air comprimé à Birmingham. — Production du fer brut en 1890. — Expériences sur la résistance du métal fondu aux basses températures.

N° 12. — 19 mars 1892.

Appareils de chargement pour navires et chemins de fer, par B. Gerdau *(suite)*.

Nouveaux chemins de fer de montagne en Suisse, par A. Gœring *(suite)*.

Les chemins de fer électriques, par R. Ruhlmann *(fin)*.

Contribution aux méthodes de calcul numérique des courbes de stabilité des navires, par A. Schmidt.

Groupe de Hesse. — Excursion à Grossalmerode. — Transport électrique de force à Cassel.

N° 13. — 26 mars 1892.

Machines à vapeur à l'Exposition de Prague en 1891, par R. Doerfel.

Expériences de recette sur une machine à triple expansion de 300 *ch*, par C. Isambert.

Appareils de chargement pour navires et chemins de fer, par B. Gerdau *(suite)*.

Contribution aux méthodes de calcul numérique des courbes de stabilité des navires, par A Schmidt *(fin)*.

Principes de technologie mécanique et de résistance des matériaux, par F. Kick *(complément)*.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Station d'essai de Munich pour les machines frigorifiques. — Emploi du métal fondu dans la construction.

Association des chemins de fer. — Ventilation des voitures de chemins de fer.

Variétés. — Exposition de Chicago en 1893. — Statistique des opérations du bureau impérial des patentes d'invention en 1891. — Production et commerce des huiles minérales en Russie. — Utilisation de la chute d'eau de Valloirette en Maurienne. — Installations électriques à courants tournants.

Correspondance. — Projet de chemin de fer électrique souterrain à Berlin.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :

A. Mallet.

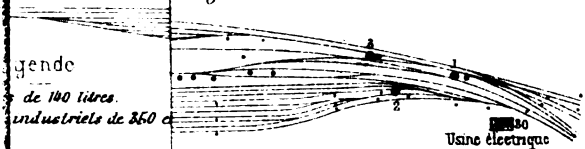
IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 8908-4-92.

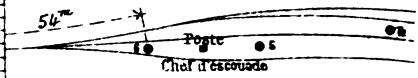
DE PARIS-ES

Fi de gaz intensifs.

gende

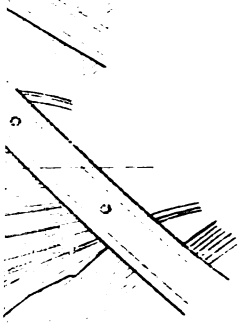
de 140 litres.
industriels de 350 c



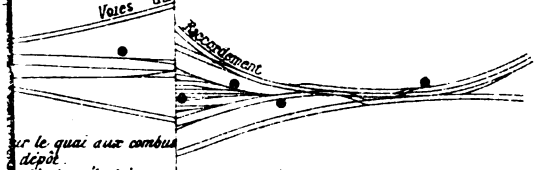


de transbord riage à simple entrée

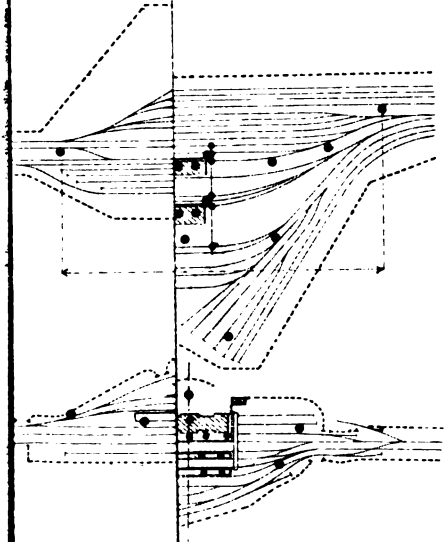
n de foyers électriques



l'aide de foyers électriques.



ur le quai aux combus
dépôt.
r l'usine électrique s



egende

arc de 7 ampères
5 d°
ncandescence de 20 bougies
d° 16 et 10 b

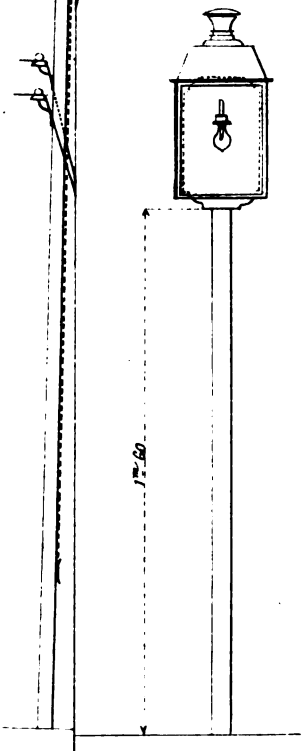
Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

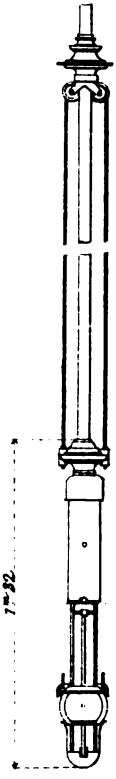
e suivant C D.

ES LAMPES

Fig. 13.

Fig. 12.





Plan

E

Fig. 19.

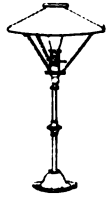
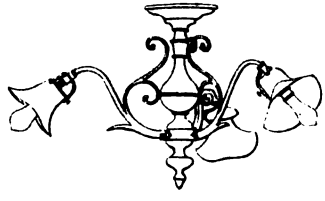


Fig. 20.

Fig. 25.



3,50

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AVRIL 1892

N° 4.

Sommaire des séances du mois d'avril 1892 :

1° *Abandon* de Bons de l'Emprunt de 75 000 *f*, par M. Kreglinger. (Séance du 1er avril), page 410 ;

2° *Décès* de MM. F. Barbedienne, J.-B. Guillet et L. de Kronenberg. (Séances des 1er et 22 avril), pages 410 et 422 ;

3° *Décorations* de M. Ferrand. (Séance du 22 avril), page 422 ;

4° *Congrès de Palerme* (Délégués au), MM. Betocchi et de Baritault. (Séance du 1er avril), page 411 ;

5° *Congrès des Sociétés savantes* (Date de l'ouverture du). (Séance du 1er avril), page 411 ;

6° *Exposition de Kimberley*. (Séance du 1er avril), page 411 ;

7° *Ouvrages reçus* (Présentation et analyse de divers), par MM. G. Richard et Ed. Simon. (Séances des 1er et 22 avril), pages 410 et 426 ;

8° *Assainissement de Paris et le tout à l'égout* (Communication de M. Duvillard sur l'). Observations de M. Herscher. (Séance du 1er avril), page 411 ;

9° *Chemins de fer à voie étroite* (Discussion de la communication de M. Coste sur les) *suite et fin*. (Voir *Bulletin* de mars, séance du 18 mars), par MM. Grille, Level, Vauthier, Drouin et Pontzen. (Séance du 1er avril), page 415;

10° *Compteurs électriques* (Communication de M. Geo. Roux sur les) (Séance du 22 avril), page 429.

11° *Machines frigorifiques* (Communication de M. H. Faucher, sur les). (Séance du 22 avril), page 430 ;

12° *Navires à grande vitesse* (Communication de M. J. Gaudry sur les). Observations de M. Aug. Moreau. (Séance du 22 avril), page 429 ;

13° *Raccordement parabolique des voies* (Lettres de MM. Lafut et H. Vallot à propos de la note du 18 mars de M. Ed. Roy sur le). (Séance du 22 avril), page 423 ;

14° *Vapeur surchauffée* (Observations de M. A. Lencauchez sur la communication de M. G. Thareau et la). Observations de MM. G. Richard et Thareau. (Séance du 1er avril), page 413.

Pendant le mois d'avril, la Société a reçu :

32713 — De M. René Bobet (M. de la S.). *Le caoutchouc, la gutta-percha et leurs applications à l'Exposition universelle de 1889* (grand in-8° de 108 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1891.

32714 — De M. Léon Dru (M. de la S.). *La disette de 1891 en Russie et l'Exposition française de Moscou* (in-8° de 27 p. et 1 carte). Paris, Chamerot et Renouard, 1892.

32715 — De l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise. *Bulletin de l'exercice 1890.* Amiens, T. Jeunet, 1891.

32716 — De M. J. W. Poost (M. de la S.). *Le chemin de fer à crémaillère à Sumatra* (in-4° de 28 p. et 1 pl.). La Haye, Mouton et Cie, 1892.

32717 — De la Société générale du Portland laitier. *Notice sur les ciments fabriqués par la Société* (in-8° de 52 p.). Grenoble, G. Dupont, 1892.

32718 — De M. A. Picard. Rapport du Jury international sur l'Exposition universelle de 1889. *Groupe de l'Économie sociale, second fascicule.* Paris, Imprimerie nationale, 1891.

32719 — De MM. Gauthier-Villars, éditeurs. Encyclopédie scientifique des aide-mémoire. *Distribution de l'électricité,* par R. V. Picou (petit in-8° de 168 p.).

32720 — Des mêmes. *Transmission de la force motrice par air comprimé ou raréfié,* par A. Gouilly (petit in-8° de 170 p.).

32721 — Des mêmes. *Étude expérimentale calorimétrique de la machine à vapeur,* par Dwelshauvers-Dery (petit in-8° de 213 p.).

32722 — Des mêmes. *Résistance des matériaux,* par Duquesnay (petit in-8° de 187 p.). Paris, Gauthier-Villars et G. Masson, 1892.

32723 — De M. Walrand (M. de la S.). *Fabrication de l'acier propre aux moulages et aux lingots dans des convertisseurs de très petite dimension* (in-12 de 13 p.). Saint-Dizier, Henriot et Godard.

32724 — De M. John Robinson, par M. H. Chapman (M. de la S.). *Strength and properties of Materials, with description of the System of testing,* par W. C. Kirkaldy (in-4° de 302 p., avec

appendice de 45 p. et 25 pl.). Londres, Sampson, Low y C°, 1891.

32725 — De M. H. Chapman (M. de la S.). *Notes on the Leicester and Swannington Railway* (petit in-8° de 18 p.). Leicester Spenens, 1891.

32726 — De M. H. Chapman (M. de la S.). *London and North Western Locomotive Works at Crewe* (grand in-8° de 18 p.). London, Macmillian y C°, 1892.

32727 — De M. Raphaël Bischoffsheim (M. de la S.). *Monographie de l'Observatoire de Nice*, par Ch. Garnier (grand in-folio de 5 p. et 35 pl.). Paris, André, Daly fils et C^ie^, 1892.

32728 — De M. Dwelshauvers-Dery (M. de la S.). *Etude expérimentale calorimétrique de la machine à vapeur* (petit in-8° de 213 p.). Paris, Gauthier-Villars et G. Masson, 1892.

32729 — De M. P. Arrault (M. de la S.). *Extrait du Rapport sur l'industrie des sondages à l'Exposition universelle de 1889*, par Habets (petit in-8° de 8 p. et 2 pl.). Paris, Dubuisson, 1892.

32730 — De M. Olivier de Sanderval, par M. G. Richard (M. de la S.). *De l'absolu. La loi de la vie* (in-8° de 258 p.), avec exposé de 43 p.). Paris, Félix Alcan, 1891 (2^e^ éd.).

32731 — De M. F. H. Lewis. *Soft Steel in Bridges* (in-8° de 61 p.). Philadelphie, 1892.

32732 — De M. Arthur Pew, par M. E. Pontzen (M. de la S.). *The Cheapest Railroad in the World* (in-8° de 10 p.). New-York, 1890.

32733 et 32734 — Du Comité exécutif du Congrès des Ingénieurs et des Architectes de Palerme. *Studio preliminare a programma di progetto di un canale intermarittimo Venezia-Spezia* (in-8° de 88 p. et atlas même format de 5 pl.). Venezia, Visentini, 1889.

32735 — Du même. *Atti del Congresso degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo, 1892. Parte I. Memori preliminari.* Palermo, G. Bondi e D. Vena, 1892.

32736 — Du même. *Congresso VII nazionale et I internazionale di Ingegneri ed Architetti in Palermo, 10-20 Aprile 1892. Programme et règlement* (in-8° de 24 p.). Palermo, G. Bondi e D. Vena, 1892.

32737 — De M. A. Gibon (M. de la S.). *La participation des ouvriers aux bénéfices et les difficultés présentes* (grand in-8° de 135 p.). Paris, Guillaumin et C^ie^, 1892.

32738 — De M. F. Brabant (M. de la S.). *Anciens et nouveaux ventilateurs aspirants employés dans les mines* (in-8° de 36 p. et 1 pl.). Namur, Ad. Wesmael-Charlier, 1892.

32739 — De M. Alfred Guy. *La Vérité sur le Transsaharien. Sahara, Soudan, Algérie* (in-8° de 73 p.). Paris, A. Challamel, 1892.

32740 — De M. Léon Leygue (M. de la S.). *Chemins de fer. Notions générales et économiques* (in-8° de 605 p.). Paris, Baudry, 1892.

32741 — De M. J.-D. Campbell. *List of the Chinese, light-houses, light-vessels, buoys and beacons for 1892.* Shangaï, 1892.

32742 — De M. Léon Malo (M. de la S.). *Notice sur Eugène Flachat* (in-8° de 57 p.). Paris, 1873.

32743 — De M. J. Gaudry (M. de la S.). *Manuel du conducteur des machines à vapeur combinées* (in-8° de 438 p. et 8 pl.), par P.-V. du Trembley. Paris, Léon Perrin, 1850-51.

32744 — De M. E. Bouhey (M. de la S.). *Supports spéciaux pour tournage automatique des bandages de roues pour locomotives, tenders et wagons*, par E. Desgranchamps (in-8° de 8 p. et 1 pl.). Paris, *Génie civil*, 1892.

32745 — De M. J. Plichon (M. de la S.). *La grève générale des mineurs dans le Nord et le Pas-de-Calais* (in-8° de 31 p.). Paris, Gardanne, 1891.

32746 — De M. Alfred Picard. *Rapports du jury international sur l'Exposition universelle de 1889. Groupe V. Industries extractives, produits bruts et ouvrés* (1re partie), classes 41 à 44. Paris, Imprimerie nationale, 1891.

32747 — De M. Ch. Le Bon. *Chemin de fer Grand Central belge. Direction des voies et travaux. Compte rendu de l'exercice 1891.* Bruxelles, 1892.

32748 — De M. Jean Pauly (M. de la S.). *Le Mildew* (in-8° de 72 p.). Paris, Chaix, 1892.

32749 — De M. Urban (M. de la S.). *Chemin de fer Grand Central belge. Direction de la traction et du matériel. Compte rendu de l'exercice 1891.* Bruxelles, 1892.

32750 — De M. A. Moreau (M. de la S.). *Les Perturbations des saisons*, (une feuille in-4°). Paris, Larousse, 1892.

32751 et 32752 — De M. J. Gaudry (M. de la S.). *Four cylinder compound Engines as designed and fitted by Maudslay Sons and Field in the vessels of the White Star Line from Liverpool and the French Transatlantic C° from Havre to New-York.* 2 photographies.

— De M. H. Graefe (Inman Line). *Le Paquebot « City of Paris ».* Grand dessin chromolithographique avec cadre.

MÉMOIRES ET MANUSCRITS

Du 2 mars au 1er avril, la Société a reçu :

2163 — De M. Bertrand de Fontviolant (M. de la S.). *Sur la détermination des efforts tranchants maximums produits dans un pont à une travée par le passage du train-type défini par le règlement ministériel du 29 août 1891.*

2164 — De M. Marcel Delmas (M. de la S.). *Application commerciale de la perspective à la statique graphique.*

2165 — De M. Platon Yankowsky (M. de la S.). *Note sur la résistance des terrains sablonneux aux charges verticales.*

2166 — De M. Henri Faucher (M. de la S.). *Note sur les machines frigorifiques.*

2168 — De M. Georges Dumont (M. de la S.). *L'Éclairage électrique des gares de chemins de fer.*

2169 — De MM. Engerram et Boyer (M. de la S.). *Les moteurs à gaz et à pétrole à l'Exposition de 1889.*

2170 — De M. M. Delmas (M. de la S.). *Un nouveau combustible industriel. Les Huiles minérales.*

2171 — De M. G. Roux (M. de la S.). *Les Compteurs électriques.*

2172 — De M. Farret. *Fermeture de la rade de Monaco au moyen de brise-lames flottants.*

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'avril sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

P. Auguste-Godchaux,	présenté par MM.	Bert, Jousselin et M. de Nansouty.
M. Bail,	—	Forest, Pozzy et Thareau.
J. Bel,	—	Baclé, Brüll et Petitjean.
Betim-Paes-Lens,	—	Franck de Préaumont, M. Lyon et Soreau.
A. Bonnaterre,	—	H. Chevalier, Pontzen et J. Bonnaterre.
F. Cantero,	—	Ch. Buquet, Ducloux et de Dax.
G.-L. Chehet,	—	Carimantrand, Lévi et Mallet,
P.-A.-M. Grand-Bey,	—	P. Buquet, S. Périssé et Ed. Coignet.
J.-L.-E. Guesnier,	—	Carimantrand, Levi et Mallet.
H. Hennebutte,	—	Lenicque, Gottereau et G. Béliard.
B. Junqueira,	—	Bert, Jousselin et M. de Nansouty.
E. Krieg,	—	L. Arbey, Bert et Gruner.
A. Mitarnowski,	—	Asselin, Cassagnes et P. Villain.
J.-B. P. Pausiot,	—	Berton, Cerbelaud et Duluc.
Ch.-L. Pédezert,	—	L.-G. André, Robin et Cerbelaud.
L. Périssé,	—	P. Buquet, R. Le Brun et S. Périssé.
B. Réjou,	—	Hallopeau, Brossard et Freulon,
G. Séracin,	—	Lenicque, Gottereau et G. Béliard.
A.-P.-V. Tourret,	—	Baudoux-Chesnon, Bertrand de Fontviolant et Biver.

Et comme membres associés, MM. :

H.-L.-A. Haguet, présenté par MM. Cerbelaud, J. Fleury et M. de Nansouty.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1892

Séance du 1er avril 1892

PRÉSIDENCE DE M. P. BUQUET, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part du décès de M. F. Barbedienne, membre de la Société depuis 1874. Né en 1810, dans un petit village du Calvados, à Saint-Martin-du-Fresnay, il était venu, tout jeune garçon, à Paris, pour y apprendre le métier de sellier. Ayant fait connaissance, en 1834, d'un ouvrier mécanicien fort intelligent, nommé Achille Collas, qui venait d'inventer un instrument de précision pour réduire mathématiquement et reproduire en bronze, avec une fidélité scrupuleuse, les statues et les bas-reliefs, il s'associa avec lui pour l'exploitation de son brevet. Soixante ans durant, il édita, grâce aux procédés de Collas, les œuvres de nos artistes modernes et un nombre considérable de reproductions d'objets antiques et de bronzes. Il fonda, comme on le sait, l'une des maisons les plus importantes du monde. Son nom était devenu universel. Son œuvre, au point de vue de l'art et de l'industrie, laissera des traces fécondes en grands résultats.

M. Barbedienne était commandeur de la Légion d'honneur. Il était aussi ancien président de la Réunion des Fabricants de bronzes et ancien membre de la Chambre de commerce.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'annoncer que notre collègue, M. Kreglinger, désirant donner un témoignage de l'intérêt qu'il porte à la prospérité de la Société, fait abandon de neuf obligations de l'emprunt de 1889.

M. LE PRÉSIDENT signale parmi les différents ouvrages reçus, le don de M. John Robinson de l'ouvrage de M. W. G. Kirkaldy : *Résistance et Propriétés des matériaux*, et le don fait par M. Bischoffsheim de l'ouvrage de M. Ch. Garnier : *Monographie de l'Observatoire de Nice.*

M. G. RICHARD désire appeler l'attention des membres de la Société sur

un livre du voyageur bien connu, M. de Sanderval, ancien élève de l'École Centrale, intitulé : *De l'Absolu; la loi de la vie.* Malgré ce titre peu séduisant pour des Ingénieurs, ce livre mérite d'être lu. L'auteur, à travers beaucoup de considérations abstraites et quelquefois ardues, étudie la question de savoir si les phénomènes de la psychologie ne peuvent pas être groupés sous une loi unique, les reliant à ceux du monde purement matériel.

C'est un ouvrage qui présente un grand intérêt philosophique.

M. Richard présente aussi les quatre premiers volumes d'une *Encyclopédie scientifique des aide-mémoires,* publiée sous la direction de M. Léauté, membre de l'Institut.

Elle se divise en deux sections : l'une qui intéresse spécialement le médecin, le physiologiste ; l'autre, consacrée à l'art de l'Ingénieur. Elle comptera à peu près 300 volumes.

Les quatre premiers volumes de la section de l'Ingénieur, très soigneusement édités par M. Gauthier-Villars, traitent de l'air comprimé, par M. A. Gouilly ; de la distribution de l'électricité, par M. Picou ; de la résistance des matériaux, par M. Duquesnay ; de l'étude calorimétrique de la machine à vapeur, par M. Dwelshauvers-Dery.

Ce dernier volume est particulièrement intéressant et original. L'auteur a réussi à mettre sous la forme de sept équations du 1er degré faciles à résoudre les principaux résultats de la théorie expérimentale de Hirn. On y trouve en outre une méthode graphique très remarquable pour l'étude de l'influence des parois.

M. Richard recommande vivement la lecture de cet ouvrage aux membres de la Société.

M. LE PRÉSIDENT annonce que le Comité a désigné deux membres de la Société pour prendre part au Congrès de Palerme, le 10 avril, comme délégués ; ce sont MM. Betocchi et de Baritault.

M. LE PRÉSIDENT fait part de la réception de documents intéressants sur l'Exposition et la région de Kimberley et dont M. Mallet fera une analyse dans la Chronique.

M. LE PRÉSIDENT donne connaissance d'une lettre de M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, annonçant que le mardi 7 juin prochain, à 2 heures précises, aura lieu, à la Sorbonne, l'ouverture du Congrès des Sociétés savantes, dont les travaux se poursuivront durant les journées des mercredi 8, jeudi 9 et vendredi 10 juin.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Duvillard, pour sa communication sur l'*Assainissement de Paris et le tout à l'égout.*

M. DUVILLARD rappelle que le Conseil municipal de Paris a voté pour l'assainissement de la ville le système du tout à l'égout qui, bien conçu, bien exécuté, sera un bienfait apprécié et intéressant à un haut degré la santé des Parisiens et touchant peut-être au développement de la capitale, tandis que, mal compris ou manquant de moyens suffisants pour un bon fonctionnement, il peut devenir une cause d'infection.

Il résulte des projets et des rapports faits à ce sujet que les conditions nécessaires pour l'assainissement général de Paris sont que la ville doit

recevoir une quantité suffisante d'eau de source pour les usages domestiques de tous les habitants, et que l'évacuation soit aussi prompte que possible, les matières de vidange étant rejetées au loin, avant toute fermentation, par des égouts largement et constamment alimentés en eau courante.

La faible quantité d'eau, si chèrement payée, distribuée dans le projet d'une façon obligatoire, ne peut donner un bon résultat en présence du volume considérable d'immondices à évacuer sans stagnation possible et à rejeter au loin avant toute fermentation.

Le procédé d'épuration par infiltration et par la culture maraîchère n'est pas plus satisfaisant et peut devenir plus redoutable que l'état actuel. On aura 9 m^3 à filtrer par mètre carré et une quantité double lorsque la population atteindra le chiffre de 4 millions et qu'elle sera pourvue d'eau en quantité suffisante. Les filtres travailleront très irrégulièrement en été, en hiver et les jours de grande pluie. L'épandage des matières sur de larges surfaces, à 20 *km* de la ville, présente un danger saisissant pour la salubrité et engendrera des fièvres redoutables. Ce n'est pas pour trente ou quarante ans que l'expérience devra être tentée, mais pour des siècles; et plus de 200 millions seront à fournir par les propriétaires et par la Ville pour l'exécution des travaux nécessaires et pour établir les doubles canalisations.

Pour obtenir le résultat tant désiré, il faut des eaux abondantes, et, pour les posséder, un moyen a été indiqué : le Léman peut donner à Paris ce qui lui manque en eau pour son alimentation et sa salubrité, et ces eaux ne coûteront que 0,07 *f* à appliquer uniformément pour toutes les provenances et pour tous les usages: ce prix restreint permettra à tous, sans distinction de situation ou de fortune, de faire un usage abondant de l'eau, principe nécessaire à l'hygiène et à la salubrité.

Si une prise d'eau dans le Léman est appelée à absorber la somme considérable de 450 millions, l'autre projet voté dépensera 200 millions, sans compter plus de 10 millions par an pour l'entretien et le renouvellement des ouvrages, et l'on ne possédera rien de plus que ce que l'on possède actuellement, tandis qu'avec les eaux du Léman, on aura par seconde 24 m^3 d'eau potable et un moyen puissant d'alimentation pour les habitants et d'évacuation pour les immondices.

Des travaux spéciaux aux quartiers et aux immeubles seront exécutés avec soin, abondamment et constamment pourvus d'eau froide, et l'atmosphère de Paris sera débarrassée de toutes odeurs et émanations infectantes; l'évacuation par la Seine sera plus rapide par l'apport considérable des eaux du Léman ; la fermentation ne se produira plus, et si elle se produisait, ce ne serait pas avant que les matières susceptibles de décomposition ne soient entraînées loin de Paris.

La perte que l'on pourrait éprouver par la privation des engrais humains est peu importante dans un ouvrage aussi considérable, et les agriculteurs sont à même de compléter ou de remplacer avantageusement leurs engrais ordinaires par des engrais chimiques.

L'établissement du *tout à l'égout* tel qu'il est pratiqué est une erreur, n'étant pas pourvu actuellement des moyens suffisants pour bien fonc-

tionner; la pénurie d'eau se fait sentir en ce moment sur une grande échelle. Que sera-ce dans l'avenir, lorsque Paris et sa banlieue atteindront une population de 4 millions d'habitants et plus?

L'épuration par infiltration verra, en moins d'un siècle, cette nombreuse population manquant d'eau saine et exposée aux émanations méphitiques des déjections déposées dans une vallée basse et à proximité de la ville.

Bien que les pouvoirs publics n'aient pas sollicité les lumières que la compétence des membres de la Société des Ingénieurs civils pouvait apporter sur une affaire si importante, elles ne leur feraient néanmoins pas défaut si cet exposé avait pour effet de provoquer une discussion entre lès membres de la Société que cette question peut intéresser.

Après cette discussion, si les autorités chargées d'en délibérer résolvent le problème dans un autre sens que celui qui aura prévalu parmi les membres de la Société et que l'avenir leur donne raison, Paris n'aura rien à leur reprocher.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Duvillard de sa communication, et donne la parole à M. Ch. Herscher qui désire présenter quelques observations.

M. HERSCHER demande à dire quelques mots sur la question.

Il considère les appréhensions de M. Duvillard comme non justifiées. Il faut se défier des arguments de sentiment et les faits sont nombreux et patents qui montrent que le « tout à l'égout » effectué suivant des règles maintenant bien connues et complété par l'épandage sur des terrains d'irrigation, est une excellente solution qui ne réclame heureusement ni les travaux extraordinaires ni les dépenses colossales que prévoit M. Duvillard.

Il n'est pas du tout besoin pour cela de quantités d'eau aussi considérables qu'on serait tenté de le croire en voyant chaque année plusieurs quartiers de Paris privés d'eau de source pendant une partie de la saison chaude. Le mode de distribution et de réglage sont seuls ici en jeu; sur ce point encore les exemples ne manquent pas.

Il faut donc bannir de notre esprit les craintes que notre collègue a exprimées.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'une discussion sur ce sujet pourra s'ouvrir dans une prochaine séance et donne la parole à M. Dumont pour sa communication sur *l'Éclairage électrique des gares*.

Cette communication sera insérée *in extenso* dans le plus prochain bulletin.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. G. Dumont et engage tous les membres de la Société à lire ce travail, qui présente le plus grand intérêt.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Lencauchez pour présenter des *observations sur la communication de M. Thareau et la vapeur surchauffée.*

M. LENCAUCHEZ fait remarquer que dans sa très intéressante communication, à la dernière séance, M. Thareau n'a pas donné les divers diagrammes obtenus sur une même machine marchant : 1° à la vapeur saturée, et 2° à la vapeur surchauffée, ce qui cependant est d'un grand intérêt à connaître.

Dans la marche à la vapeur surchauffée, celle-ci ne se comporte pas du tout comme les produits de la combustion dans un moteur à gaz.

M. Lencauchez a un résumé de M. Walther-Meunier faisant voir que de la vapeur prise à 6 *atm* et à la température de 160° a été portée à $160° + 103° = 263°$ par la surchauffe, mais elle est arrivée dans les boites de distribution à la température de 200°, soit avec une surchauffe réelle de $263° - 160° = 43°$, ce qui donne une augmentation de volume de 1/7 seulement.

Mais pour surchauffer la vapeur de 103°, il a fallu dépenser environ 8 0/0 de la quantité de calorique de celle nécessaire à engendrer la vapeur sous pression de 6 *atm* pour une utilisation de $\frac{43}{103} = 0{,}4$, ce qui semble le renversement des idées admises aujourd'hui à juste titre.

M. Lencauchez croit que, pour savoir à quoi est due l'économie de 23 0/0 trouvée par M. Walther-Meunier, ce serait le cas de parler de la chaudière qui a donné sa vapeur au surchauffeur et de se demander si celle-ci était à 10, 15 ou 20 0/0 d'eau de crachement, ce qui n'est pas rare; alors le surchauffeur est avant tout un second vaporisateur.

Dans son mémoire, M. Thareau conclut à la suppression des enveloppes de vapeur, pour simplifier les machines; ce qui peut s'admettre, si de la vapeur de 260° ou 300° peut être employée sans donner lieu au bout d'un certain temps à des fuites qui feraient perdre beaucoup plus que les 23 0/0 d'économie constatés à l'origine de la mise en service d'une machine à vapeur surchauffée.

M. Lencauchez croit qu'il est encore préférable d'employer la vapeur à haute pression, bien sèche, avec des machines à enveloppes et avec rétrogradation de l'eau de condensation desdites enveloppes à la chaudière et *sans déperdition de calorique*. Avec le détendeur de M. E. Polonceau, ancien président de la Société, on peut faire circuler dans les enveloppes de la vapeur à une pression de 3 à 4 *kg* et à 20° au-dessus de la pression et de la température à l'introduction dans les cylindres; dans ces conditions, il est facile de réaliser sur les machines ordinaires des économies de 23 à 25 0/0 sans avoir recours à la vapeur surchauffée. Il est à remarquer que pour une bonne machine à vapeur, la dépense 8,830 *kg* par cheval indiqué constatée par M. Walther-Meunier ou de 10 *kg* mesurés sur l'arbre, soit par cheval effectif, *est une chose très ordinaire*, car c'est une dépense de 1,250 *kg* de houille de première qualité à 8 000 calories.

M. Lencauchez fait remarquer que pour les machines Sulzer installées par M. de Quillacq au Service municipal de Paris, grâce à une bonne circulation et avec rétrogradation aux chaudières, la dépense officielle par heure et par cheval effectif en eau montée ne fut que de 1,03 *kg* de houille, soit de 9 *kg* de vapeur.

M. Lencauchez serait heureux de savoir si par l'emploi de la vapeur surchauffée on a pu abaisser la consommation de houille au-dessous de 1 *kg* par cheval effectif et par heure, résultat atteint par M. de Quillacq en 1878-1880, comme par beaucoup d'autres constructeurs.

M. Richard signale dans le livre de M. Dwelshauvers qu'il résentait

tout à l'heure la discussion de la proposition suivante, qui semble donner la clef de la plupart des divergences d'opinions relatives au rôle des parois, de l'enveloppe et de la surchauffe dans les machines à vapeur.

D'après M. Dwelshauvers « la marche la plus économique d'une ma» chine à vapeur est obtenue lorsque, par un procédé quelconque, on » est parvenu à faire en sorte que le métal des parois du cylindre soit » absolument sec sur sa face interne dès le commencement de l'échappe» ment ; en d'autres termes, que la vapeur évoluante soit, au commen» cement de l'échappement, exactement sèche ou légèrement surchauf» fée, qu'aucune partie n'en soit répandue en rosée sur le métal. »

La surchauffe pourra donc être utile en permettant d'attendre ce résultat ; mais il serait inutile et parfois nuisible d'aller au delà de ce point, que la théorie ne peut pas encore définir par des formules générales. C'est ce qui explique pourquoi le calcul *a priori* des surchauffes est presque impossible, et comment leur application peut donner des résultats en apparence contradictoires.

M. Thareau rappelle, pour répondre à l'observation de M. Lencauchez, qu'il a dit, dans sa communication, que l'économie est d'autant plus grande avec l'emploi de la vapeur surchauffée que les chaudières donnent plus d'entraînement d'eau.

Ce que vient de dire M. Richard est confirmé par Hirn. En ce qui concerne l'enveloppe à vapeur des cylindres, M. Walther-Meunier conseille de la supprimer pour les machines à deux cylindres, la vapeur surchauffée éprouvant en circulant un refroidissement qui fait tomber rapidement sa température. On pourrait conserver l'enveloppe, mais en y envoyant de la vapeur saturée. Pour éviter également une chute de température trop grande, les tuyaux de conduite doivent être entourés d'un bon calorifuge.

M. Lencauchez dit qu'il est bien d'accord avec M. Thareau.

M. le Président donne la parole à M. Grille pour la suite de la *discussion de la communication de M. Coste sur les chemins de fer à voie étroite.*

M. Grille désire dire quelques mots, parce que ses paroles ont été mal interprétées.

M. Coste a dit qu'il admet toutes les voies depuis 0,60 *m* jusqu'à 1,50 *m*. Mais il y a des cas où la voie normale peut être plus économique que la voie étroite. Exemple : un raccordement de 35 *km* avec une voie normale, qui, établi à voie étroite, devrait avoir son personnel, son matériel spécial, et alors coûterait moins cher en voie normale, non pas de construction, mais d'exploitation.

Mais, au contraire, lorsqu'il s'agit d'un réseau qui peut présenter une certaine importance au point de vue des transports, au point de vue des vitesses à obtenir, au point de vue de l'étendue, il est certain que la voie de 1 *m* est tout indiquée, comme la Corse.

L'avantage de la voie de 1 *m* est la vitesse. Mais, lorsqu'il s'agit de tramways, de chemins de fer placés sur accotement de route, dont la vitesse est limitée, de par la loi, à 20 *km* à l'heure, il est inutile d'avoir un matériel pouvant en faire 40. De même le gabarit limite la largeur

à 2 *m* ou 2,10 *m*, et la loi limite la longueur des trains à 50 *m;* par conséquent, la voie de 1 *m*, qui est un outil excellent, ne peut être utilisée dans ces conditions-là.

La question est de savoir s'il n'y a pas moyen de faire plus économiquement, en admettant des voies inférieures à la voie de 1 *m*. Mais M. Grille proteste contre ce qu'on lui a fait dire que les machines de la voie de 0,60 *m* seraient plus fortes que celles de la voie de 1 *m*. Le tout est approprié au travail à produire.

En France, on a peu l'habitude des voies étroites. Cependant sans parler du Festiniog, les lignes du Pérou, de Bolivie ont 0,76 *m* et sont parcourues par des trains directs composés de voitures Pullmann ; en Bosnie, il y a des lignes construites par le gouvernement autrichien, qui sont très intéressantes ; en Saxe, dans beaucoup d'endroits, la voie de 0,75 *m* a fait ses preuves, et personne ne doute de sa capacité de transport. De même aux États-Unis, en Suède et dans l'Amérique du Sud.

En ce qui concerne les courbes, M. Grille rappelle que la Commission des courbes a reconnu que les véhicules à marchandises, sinon tous, pouvaient passer dans des rayons très réduits. Les expériences faites au P.-L.-M. sur des courbes de 80, 86, 91 *m* de rayon l'ont démontré.

M. Moreau a beaucoup critiqué le chemin de fer de Sousse à Kairouan. A cet égard, M. Grille dit que ce n'est qu'un porteur en rails de 7 *kg* qui était destiné à assurer le transport des vivres, lorsque la colonne du général Forgemol a marché sur Kairouan.

Il était impossible de réunir le nombre d'animaux de bât voulus.

La pose faite par le Génie en hiver fut mal faite, d'ailleurs.

La traction s'y faisait par les attelages de l'artillerie.

On a contre le matériel de la voie de 0,60 *m* un autre grief, celui d'un renversement, au mois de novembre dernier, un jour de grande tempête qui a déraciné des arbres énormes sur la côte du Calvados. Mais le même fait s'est produit sur la ligne de Perpignan à Narbonne, en voie normale.

Dans la discussion qui vient d'avoir lieu, on se croirait reporté au temps de la Société des Ingénieurs civils, de 1860 à 1867, où les défenseurs de la voie de 1 *m* luttaient contre les partisans de la voie normale. Les révolutionnaires de l'époque sont devenus aujourd'hui réactionnaires.

En résumé, il n'y a pas de mauvais outils ; la voie normale et la voie de 0,60 *m*, ainsi que les voies intermédiaires, sont des outils excellents : il n'y a que de mauvaises applications, pas autre chose. C'est aux Ingénieurs qu'il appartient de ne faire que de bonnes applications.

M. le Président remercie M. Grille de ses observations et donne la parole à M. Level.

M. E. Level n'a que quelques mots à dire, car il veut conclure absolument comme vient de le faire M. Grille. On fait actuellement à la voie de 0,60 *m* les mêmes objections qu'on faisait, il y a 25 ans, à la voie de 1 *m*. Elles ne paraissent pas mieux fondées aujourd'hui qu'autrefois.

Comme l'a très bien dit M. Grille, en ces matières il faut apprécier suivant les espèces. Cependant, il y a peut-être quelques principes à rappeler:

Il y a très peu de voies étroites établies en France, même à 1 *m*; pour 35 000 *km* à voie normale, il n'y a que 2 000 *km* à voie de 1 *m*, et dans des conditions telles, qu'on ne peut pas encore dire exactement ce qu'elles produisent.

Pour la voie de 0,60 *m*, il faudrait, pour porter un jugement, connaître les résultats qui seront donnés par le réseau de Bosnie. Ce réseau a 350 *km* de longueur; la voie est de 0,75 *m*; on prolonge différentes lignes, et on obtiendra dans quelques années un réseau de 700 *km*.

M. Level ne commettra pas d'indiscrétion en disant que la Réunion des Chefs de service des chemins de fer français se propose, à la fin du mois prochain, d'aller visiter ces lignes. Cela indique l'intérêt qui s'attache à cette expérience.

Dans l'établissement d'une ligne nouvelle de chemin de fer, il faut tout d'abord envisager le point de vue de la défense nationale. Si la voie normale ne paraît pas nécessaire au ministre de la Guerre, la voie de 1 *m* peut encore rendre des services. Mais si le ministre de la Guerre se désintéresse complètement, il n'y a plus à envisager que le côté commercial de la question.

On peut alors construire dans toute la France avec des largeurs différentes sans inconvénients. C'est une question financière à examiner, et il faut s'efforcer de faire des lignes qui coûtent le moins cher possible, car ce serait une illusion de croire qu'il y a encore à créer des lignes pouvant se suffire à elles-mêmes.

Que ceux qui n'aiment pas la voie de 0,60 *m* n'en détournent pas les autres.

M. LE PRÉSIDENT donne connaissance d'un travail, sur la communication de M. Coste, que M. Vauthier, empêché par une indisposition d'assister à la séance, lui a fait parvenir.

D'après M. Vauthier, il paraît incontestable, quels que soient les dispositifs plus ou moins ingénieux mis en pratique pour adapter le matériel roulant aux diverses largeurs de voie, que les chemins de fer à voie étroite constituent, toutes autres choses étant égales d'ailleurs, des appareils de puissance moindre. Ils peuvent coûter moins cher de frais de premier établissement, mais ils n'en fonctionnent que plus chèrement.

De l'importance du trafic à desservir dépend essentiellement la largeur de la voie, sans compter la nécessité qui s'impose de ne pas éparpiller au hasard les voies de largeurs diverses et de ne pas multiplier abusivement les points de transbordement.

Les voies de 0,60 *m* ont reçu peu d'applications jusqu'à ce jour et la pratique n'a pas encore fourni de données statistiques à leur égard. Dans les chemins de fer d'intérêt local, la voie normale de 1,50 *m* et la voie étroite de 1 *m* ont atteint environ 1 800 *km* dont près de 500 *km* à voie étroite.

Voici quelles sont pour ces deux voies les rapports à la longueur totale des pentes de diverses importances.

	LIGNES A VOIE	
	NORMALE	ÉTROITE
Paliers	0,25	0,22
Pentes de 0 à 5 *mm*	0,27	0,39
— de 5 à 10 *mm*	0,23	0,12
— de 10 à 20 *mm*	0,23	0,24
— au-dessus de 20 *mm*	0.02	0,03
	1,00	1,00
Moyenne pente limite	15,8 *mm*	16,2 *mm*
Hauteur franchie par kilomètre dans les deux sens du mouvement	2,53	2,28

L'ensemble de ces chiffres comparatifs paraît indiquer plutôt, pour les lignes à voie étroite, un terrain moyennement plus facile que pour celles à voie normale.

Pour les *courbes*, les résultats comparatifs sont les suivants :

	LIGNES A VOIE	
	NORMALE	ÉTROITE
Alignements droits	0,62	0,73
Courbes de rayon > 1 000	0,10	0,06
— de 1 000 à 500	0,15	0,05
— au-dessous de 500	0,13	0,16
	1,00	1,00
Moyenne limite inférieure des rayons	257 *m*	172 *m*

Cela posé, le coût moyen des lignes d'intérêt local à voie normale s'élève à 137 860 *f;* celui des lignes à voie étroite descend en moyenne à 76 900 *f*.

Pour la voie normale la moyenne largeur de plate-forme au-dessous du ballast est de 5,23 *m*, et de 3,90 *m* pour la voie étroite.

Cette réduction de largeur de 1,33 *m* est obtenue en sacrifiant quelque chose des conditions de sécurité du personnel d'entretien et de surveillance de la voie et est loin de produire, dans le volume des terrassements et le coût des ouvrages d'art, des économies proportionnelles à son importance. La réduction moyenne de 60 000 *f* est obtenue *sur toutes les parties de l'installation complète des lignes à voie étroite* par rapport à l'établissement des lignes à voie normale.

Exploitation. — Les produits bruts des lignes d'intérêt local sont faibles en général.

Les grandes lignes donnent pour la valeur f de leurs frais d'exploitation, chiffres arrondis en fonction de la valeur p du produit brut, des valeurs comprises entre :

$$f = 4\,000 + 0{,}48\ p \text{ (réseau de l'Est)}$$
$$\text{et } f = 9\,400 + 0{,}31\ p \text{ (— P.-L.-M.)}$$

on trouve pour les lignes d'intérêt local la formule :

$$f = 1\,400 + 0{,}65\ p.$$

Mais sur les lignes d'intérêt local et celles à voie étroite notamment, les prix moyens perçus sont notablement plus élevés que pour les grands réseaux. S'ils étaient les mêmes, la formule deviendrait pour ces chemins :

$$f = 1\,840 + 0{,}90\ p.$$

Dans les lignes à voie étroite il y en a quelques-unes d'absolument étranges dont les frais d'exploitation sont deux fois et demie le produit brut et plusieurs autres sont en fort déficit.

Il est tout à fait illusoire de voir dans les chemins à voie étroite des appareils de transport *économiques*. Sur la mer et les voies fluviales on augmente le tonnage des navires et des bateaux pour réduire le prix des transports, on ne pourrait obtenir le même résultat en agissant en sens inverse sur les voies ferrées.

Dans tous les cas, il est bien essentiel de remarquer combien il importe que la répartition, sur le territoire, des voies de largeurs diverses se systématise. Cela est nécessaire pour l'intérêt public. Cela ne l'est pas moins pour les entreprises de transport usant de voies de largeur réduite.

M. Drouin dit que l'intéressante communication de M. Coste a mis en pleine lumière les mérites respectifs de la voie de 1 *m* et de celle de 0,60 *m*. Cette dernière aurait été beaucoup moins employée si certains constructeurs, notamment M. Decauville, n'en avaient développé les qualités dès l'origine. L'erreur a été de vouloir demander la même puissance à la voie de 0,60 *m* qu'à celle de 1 *m;* dans ce but, on a été conduit à prendre les rails de 18 à 20 *kg* avec traverses indépendantes, et à construire des machines de 20 à 26 *t*, dépensant beaucoup et d'un entretien coûteux. Pour le matériel, on a fait des wagons de 10 *t* qui sont sans stabilité sérieuse. Il en est résulté des déboires qui ne déprécient en rien l'outil primitif, léger, économique et pratique, lorsqu'on l'emploie dans des conditions appropriées à sa puissance.

La situation des chemins de fer d'intérêt local était, au 31 décembre 1890, la suivante :

	CHEMINS A VOIE ÉTROITE	CHEMINS A VOIE LARGE	TOTAUX
Nombre de kilomètres	1 367	1 680	3 047
Dépense d'établissement totale	112 050 157	240 369 870	352 420 027
Dépense d'établissement par kilomètre	81 968	143 077	115 660
Recettes totales	3.657 718	10 335 335	13 993 053
Dépenses d'exploitation totales	4.265 792	8 647 619	12 913 411
Recettes par kilomètre exploité	2 765	6 152	4 592
Dépenses par kilomètre exploité	3 120	5 147	4 238
Bénéfices d'exploitation	— 445	1 005	354

d'où une économie de plus de 61 000 *f* par kilomètre en faveur de la voie de 1 *m*. Or cette dépense est encore trop élevée. Dans des conditions normales et sans ouvrages d'art important, le prix par kilomètre est de 55 000 à 60 000 *f*.

Une importante cause de majoration réside dans les exigences trop souvent exagérées de nos éminents collègues, les Ingénieurs du contrôle. Sans transiger sur la solidité de la voie et du matériel, ne pourraient-ils traiter les chemins à voie étroite comme les tramways à vapeur? Certains Ingénieurs du contrôle considèrent encore la rampe de 0,015 *m* comme un maximum; d'autres exigent des freins à tous les wagons à marchandises, des installations de gare exagérées, qui font peser de lourdes charges sur les chemins à voie étroite et en empêchent souvent l'établissement.

On voit, par la comparaison des recettes et dépenses, qu'il serait nécessaire d'exploiter plus économiquement.

Les grandes Compagnies considèrent encore ces petites lignes comme indifférentes et ne facilitent pas assez l'entrée de leurs gares aux lignes d'intérêt local, point d'attache obligé de ces dernières. Elles leur appliquent les traités de gares communes entre grandes Compagnies, souvent en aggravant les clauses au détriment des lignes d'intérêt local.

Au point de vue de l'exploitation, la répartition des dépenses étant faite souvent au prorata des unités de trafic ou de véhicules, il en résulte simplement une diminution des dépenses supportées antérieurement par la grande Compagnie, le service du chemin d'intérêt local nécessitant peu de personnel supplémentaire et par contre une charge anormale pour la ligne à voie étroite.

Ne devrait-on pas considérer la petite ligne comme un affluent de trafic remplaçant avantageusement le camionnage et comme rapidité et comme économie, et ne mettre à sa charge que les dépenses spéciales à son service?

M. Drouin termine en émettant ce vœu : « Que la bienveillance et l'appui de MM. les Ingénieurs du contrôle et les Directeurs des grandes Compagnies soient désormais acquis aux chemins d'intérêt local à voie étroite, qui se multiplieront d'autant plus aisément et rendront d'autant plus de services, que leur naissance et leur croissance seront protégées et non contrariées par leurs tuteurs naturels. »

M. E. Level demande à dire un mot de la question que vient de traiter M. Drouin. Il a eu l'occasion d'assister à l'inauguration d'un chemin de fer à voie étroite, construit dans la Sarthe par des Ingénieurs des ponts et chaussées. Le prix de revient en ressort à environ 50 000 *f* par kilomètre, chiffre très bas. Mais l'on n'a observé en aucune façon les règlements que les Ingénieurs de l'État, quand ils exercent le contrôle, imposent aux petites Compagnies. Les installations de gares et autres étaient également très insuffisantes. Enfin, le personnel étant payé par le budget de l'État, les frais généraux sont à ajouter.

M. Pontzen dit qu'il vient de recevoir de M. Arthur Pew, ingénieur à Talbotton (Georgia, États-Unis), une brochure portant le titre : *le Chemin de fer le meilleur marché du monde.*

La discussion sur les chemins de fer à voie étroite, mise à l'ordre du jour, lui fit de suite penser qu'il pourrait, en offrant cette brochure à la Société, lui prouver que tout en ayant souvent plaidé en faveur des économies compatibles avec la voie normale, il n'avait pas de parti pris. Il ne doutait pas, d'après le titre, qu'il s'agissait d'une ligne à voie très réduite.

Il s'était trompé ; la ligne de Wrightsville-Dublin, construite en 1885 par M. Pew, est à voie normale et les chiffres qu'il va citer montreront qu'elle mérite néanmoins d'être considérée comme la meilleur marché du monde.

M. Pew lui a donné la voie normale parce que le chemin de fer central de la Georgie, qu'elle alimente par la station de Wrightsville, est à voie normale et que dès lors il n'avait, comme l'a très bien dit M. Grille, qu'à adopter la même largeur de voie pour cet embranchement de seulement 30,6 *km*.

Le capital, recueilli par souscription pour sa ligne, n'était que de 113 000 *f* ! De plus, les terrains étaient donnés gratuitement.

Une section de 18,5 *km* a été livrée en 1885 à l'exploitation, et les dépenses pour les études, la direction des travaux, l'exécution des travaux d'infrastructure et la fourniture des traverses se sont élevés à 67 000 *f*.

Les rails en fer, pesant 22 *kg* par mètre, ont été fournis par le chemin de fer central de Georgie, qui exploite la ligne, contre première hypothèque.

Les bois pour les traverses et pour la construction des ouvrages d'art ont pu être tirés des forêts traversées par la ligne.

La dépense kilométrique de cette section a donc été :

Pour études, infrastructure et traverses	3 625 *f*
Pour fourniture et pose des rails	5 600 *f*
Ensemble par kilomètre	9 225 *f*

Les prix moyens de la ligne entière ayant 30,6 *km* se sont élevés un peu ; ils ont été :

Pour études, infrastructure et traverses	4 965 *f*
Pour fourniture et pose des rails	5 720 *f*
Ensemble par kilomètre.	10 685 *f*

Le chemin de fer de Wrightsville à Dublin mérite donc bien le titre que revendique son constructeur.

Pour donner une idée des conditions dans lesquelles se trouve la ligne, M. Pontzen ajoute — toujours d'après la brochure que l'on pourra consulter — que le terrain était accidenté et que des pentes de 0,015 m et des rayons de 291 *m* étaient admis. Environ 40 0/0 de la longueur de ligne sont en courbe, mais les 90 0/0 du tracé en courbe sont à rayons supérieurs à 440 *m*.

La largeur en couronne des remblais n'est que de 3,05 *m*, les tranchées ont 4,27 *m* de largeur au fond ; le cube des terrassements a été de 1 900 m^3 par kilomètre.

Grâce au faible capital engagé, il a été possible, tout en payant de beaux intérêts, d'utiliser l'excédent des recettes nettes à l'amélioration de la ligne.

M. Pontzen ne croit pas que, dans le cas particulier, la réduction de la voie eût permis de diminuer les dépenses de premier établissement ; en tous cas, l'utilisation du matériel roulant du chemin de fer central de Georgie, dispensant l'embranchement d'avoir à pourvoir au matériel roulant, n'admettait pas l'adoption d'une voie différente de celle de la ligne alimentée.

La séance est levée à onze heures et demie.

Séance du 22 avril 1892.

PRÉSIDENCE DE M. P. BUQUET, PRÉSIDENT

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part du décès de deux de nos collègues :

M. Guillet (J.-B.), membre de la Société depuis 1880, fut préparateur au laboratoire de chimie de Mézières et conducteur des travaux de distribution d'eau de Charleville, puis collabora à l'établissement des distributions d'eau et de gaz du chemin de fer de Paris à Lyon. Il avait été maître de forges à Haraucourt.

M. de Kronenberg (L.), membre de la Société depuis 1871. Ancien élève de l'Ecole Centrale (1869), il s'occupa plus spécialement de la fabrication du sucre dans différentes usines de Russie.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'annoncer que M. P. Ferrand, professeur à l'Ecole des Mines d'Ouro-Preto (Brésil), a été nommé officier d'Académie.

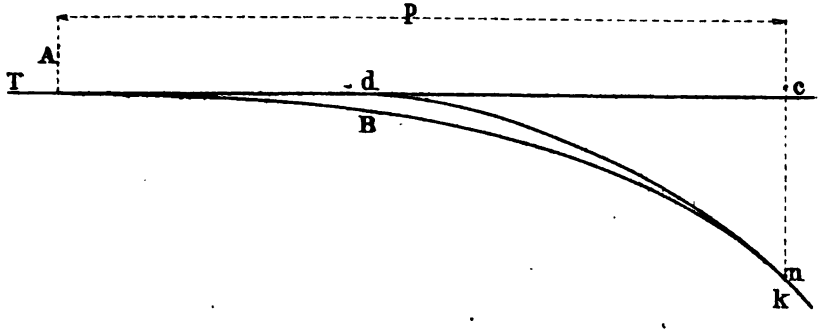
M. LE PRÉSIDENT signale spécialement, parmi les ouvrages reçus et dont la liste figure ci-contre, l'ouvrage de M. L. LEYGUE intitulé : *Les Chemins de fer. Notions générales et économiques.*

M. LE PRÉSIDENT donne connaissance de deux lettres répondant à la note de M. Edmond Roy sur les raccordements paraboliques.

M. Laput écrit de Brive, dans les termes suivants :

« Monsieur le Président,

» Le Bulletin de la séance du 18 mars dernier publie, à la suite » d'une lettre de M. Edmond Roy, une formule pour le calcul des raccordements paraboliques des voies de chemin de fer, qui paraît très » séduisante en ce qu'elle permettrait d'opérer ces raccordements sur » des voies existantes, sans déplacement de l'ensemble de la courbe ou » de l'alignement à raccorder, et avec un rayon minimum de courbure » égal au rayon du cercle donné.



» Cela n'est pas tout à fait exact.

» Si je reprends la figure et la notation de M. E. Roy, une première » remarque à faire, c'est que la formule : $y = \frac{nx^3}{p^3}$ donne pour la valeur » du rayon de courbure en un point d'abscisse x : $R' = \frac{p^2}{6nx}$ et pour : » $x = P$ et $n = \frac{P^2}{4}$: $2R = \frac{P^2}{8R}$

$$R' = \frac{4PR}{3x} = \frac{4}{3}R,$$

» et non $R' = R$.

» Pour que le rayon de courbure de la parabole au point K soit égal » à R, il faut qu'on ait : $R' = \frac{P^2}{6nx} = \frac{P^2}{6n} = R$ et $n = \frac{P^2}{6R}$; mais on a » pris $n = \frac{\overline{dc}^2}{2R}$, » donc il faut $\overline{dc}^2 = \frac{P^2 2R}{6R} = \frac{P^2}{3}$ et $dc = \frac{P}{\sqrt{3}}$.

» En second lieu, la parabole et l'arc de cercle ne sont pas tangents » en K quand on prend $Ad = dc$, et c'est ce qu'il y a de défectueux dans » la méthode.

» On peut aisément calculer l'angle formé par les deux tangentes au » point K, l'une au cercle, l'autre à la parabole.

» L'angle formé par la tangente à la parabole avec la ligne Ac a pour » tangente trigonométrique :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{3nx^2}{P^3} = \frac{3n}{P} \text{ pour } x = P.$$

» L'inclinaison de la tangente au cercle peut être prise égale à :

$$\frac{n}{\frac{1}{4}cd} = \frac{n}{\frac{1}{4}P} = \frac{4n}{P}.$$

» L'inclinaison des deux tangentes, l'une par rapport à l'autre, est » donc approximativement :

$$\frac{4n}{P} - \frac{3n}{P} = \frac{n}{P},$$

» et correspond à l'angle formé par l'alignement Ac et une ligne qui » joindrait l'origine A et la fin K du raccordement.

» Il doit donc y avoir un jarret assez sensible au point K.

» Si on veut que la courbe parabolique et le cercle soient tangents au » point de raccordement il faut prendre : $dc = \frac{2}{3}$ P. Mais dans ce cas, » le rayon minimum de la parabole devient égal à $\frac{3}{4}$ R.

» En prenant, comme je l'ai indiqué plus haut :

$$dc = \frac{P}{\sqrt{3}}, \qquad R' = R$$

» et dans ce cas l'angle formé par le raccordement des deux courbes est » extrêmement petit.

» J'ai l'honneur, Monsieur le Président, de vous soumettre ces quel- » ques remarques en vous priant, si elles vous paraissent inopportunes » ou mal fondées, de vouloir bien les considérer comme non avenues.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de mes senti- » ments les plus distingués.

» LAFUT. »

M. H. VALLOT écrit également ce qui suit :

« Paris-Auteuil, le 20 avril 1892.

» Monsieur le Président et cher Camarade,

» Je vous serai obligé de vouloir bien accueillir les quelques obser- » vations suivantes, au sujet de la note publiée dans le procès-verbal » de la séance du 18 mars, sous la signature de notre collègue, M. Ed- » mond Roy, relativement au raccordement parabolique des courbes » avec les alignements droits.

» Il convient d'abord de rectifier une erreur qui s'est glissée dans les » calculs algébriques de M. Edmond Roy, et qui lui fait dire que le » rayon de courbure de la parabole, telle qu'il l'a définie, est égal au

» rayon du cercle au point de raccordement. On peut se convaincre par » un calcul très simple que l'on a : $R' = \frac{4}{3}R$, et non pas $R' = R$.

» Mais il existe, dans la solution de M. Edmond Roy, un défaut plus » grave, provenant de ce que, ne voulant pas déplacer l'arc de cercle, il » a, malgré cela, partagé la longueur de la courbe parabolique en deux » parties égales par le point de tangence primitif de l'arc de cercle avec » l'alignement droit, à l'imitation de ce qui se fait dans la méthode » ordinaire où l'arc de cercle est déplacé.

» Ce point de départ défectueux l'a conduit à une conséquence » fâcheuse : c'est qu'il y a discontinuité dans la courbure au point de » raccordement. On établit en effet facilement que le coefficient angu- » laire de la tangente à la parabole en ce point est (en adoptant les no- » tations de M. Ed. Roy) : $\frac{3n}{p}$, tandis que celui de la tangente à l'arc de » cercle au même point est : $\frac{4n}{p}$.

» Il y a donc, entre ces deux inclinaisons, une différence égale à $\frac{n}{p}$ ou » à $\frac{p}{8R}$, quantité qui peut atteindre une valeur notable, puisque, dans » l'exemple cité, elle est de $\frac{3}{100}$, soit 1°43′.

» La solution proposée conduit donc à un véritable *jarret* que le chef » poseur ne manquerait pas en pratique d'effacer par un *coup de pouce*, » en ripant légèrement vers l'intérieur de la courbe les deux rails voi- » sins du point de raccordement ; cela reviendrait à diminuer le rayon » de courbure en ce point, et à allonger la parabole du côté du cercle, » c'est-à-dire à abandonner la solution proposée par M. Roy, pour ren- » trer dans celle connue depuis longtemps, et indiquée par M. de Nord- » ling dans la séance du 5 avril 1867 (page 236, 2°, des Mémoires de » notre Société). L'auteur montre que, si on veut conserver l'alignement » droit et l'arc de cercle dans leur position primitive, le raccordement » parabolique doit être pris un tiers sur l'alignement et les deux tiers » restants sur le cercle. Alors la parabole est tangente au cercle au point » de raccordement et son rayon de courbure en ce point est seulement » égal aux trois quarts de celui du cercle.

» Enfin, si tout en conservant la position de l'alignement et de l'arc » de cercle, on voulait obtenir l'identité des rayons de courbure au » point de raccordement, alors il faudrait, comme le montre encore » M. de Nordling (page 236, 3°) sacrifier en ce point la continuité des » courbes, dont les tangentes distinctes feraient entre elles un angle » représenté par la quantité : $\left(\frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{1}{2}\right)\frac{p}{R}$ ou sensiblement : $\frac{p}{13R}$.

» Il y aurait un *jarret* de la même nature que celui qu'avait accepté » M. Chavès (Mémoires de notre Société, 1865, page 339), mais il serait

» notablement moins prononcé que celui auquel M. Ed. Roy a été » conduit.

» Je rappelle, en terminant, que M. Combier a donné du même pro- » blème une solution plus rigoureuse, mais aussi plus compliquée, dans » les *Annales des Ponts et Chaussées* (1869, 2e semestre, p. 148).

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de mes senti- » ments les plus respectueux.

» H. VALLOT. »

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Édouard Simon qui a bien voulu, sur la demande de M. W. Grosseteste, se charger d'analyser un mémoire de M. René Férouelle sur les travaux d'Emile Hubner (1).

M. Édouard SIMON s'acquitte d'autant plus volontiers de cette tâche que déjà, en 1888, il s'était fait un devoir de rappeler à la Société des Ingénieurs civils les mérites de l'éminent inventeur qui venait de mourir (2).

Le mémoire de M. Férouelle débute par un aperçu historique sur la vie industrielle d'Emile Hubner, sur l'importance et le développement du système de peigneuses auquel cet inventeur consacra toute une existence de travail (3).

Malgré l'originalité et la praticabilité des ingénieuses conceptions d'Hubner, la première de ses peigneuses pour coton, brevetée le 27 août 1851, ne fut offerte à l'industrie française qu'en 1857. Sans revenir sur les causes de cette longue période d'inaction, il est permis d'en conclure une fois de plus, avec plusieurs de nos collègues particulièrement compétents dans les questions de propriété industrielle, que la durée des brevets délivrés sous le régime de la loi de 1844 est par trop limitée.

Un autre fait, enregistré dans la préface historique du mémoire, mérite d'être signalé : Hubner ne fit pas breveter la peigneuse pour la soie, qui devint la source de sa grande fortune ; il en garda soigneusement le secret. Peut-être eût-il été moins circonspect sans les entraves apportées à l'exploitation de la peigneuse à coton. En tout cas, cette prudente réserve démontrerait encore, s'il était nécessaire, à quel intérêt social répond une bonne loi sur les brevets, puisque c'est seulement en échange d'une protection suffisante que l'inventeur consent à enrichir le domaine commun.

La partie technique du mémoire se subdivise en plusieurs sections consacrées aux diverses machines créées par Hubner ; nous les analysons succinctement d'après l'ordre adopté par l'auteur.

Débrutisseuse. — Bien que la débrutisseuse ne soit pas la première en date (1853), le mémoire débute par l'étude de cette machine, sans doute afin de suivre la série rationnelle des transformations, sans doute aussi afin de déblayer le terrain à la faveur de cette interversion

(1) Ce mémoire, rédigé d'après un programme du Comité de mécanique de la *Société industrielle de Mulhouse*, valut à l'auteur le prix Hubner.

(2) *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, année 1888, t. I, p. 577.

(3) Voir, pour de plus amples renseignements, la *Notice nécrologique sur Emile Hubner*, par M. LALANCE. *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, séance générale du 29 mars 1889.

chronologique et de passer en revue avec plus de méthode les perfectionnements successifs apportés par l'inventeur au groupe de peigneuses qui portent son nom.

Le but de la débrutisseuse était de substituer à la carde une machine préparatoire qui permit de travailler toutes matières textiles, laine, coton, soie, etc., d'en ouvrir, d'en défeutrer, d'en redresser les filaments de manière à ne jamais les laisser se retourner sur eux-mêmes ni s'entre-croiser.

Après avoir montré à l'aide de quelles combinaisons ingénieuses Emile Hubner avait résolu le problème, M. Férouelle donne les raisons qui motivèrent l'abandon de cette invention : insuffisance de production, difficulté et parfois, avec les fibres courtes, impossibilité de réglage.

Peigneuses pour coton. — Sans contester le mérite de Josué Heilmann qui, le premier, réalisa le peignage mécanique par le *fractionnement en mèches des rubans convenablement préparés*, par l'*épuration de ces mèches sur toute leur longueur* et la *reconstitution en ruban continu des mèches peignées en tête et en queue*, M. Férouelle insiste justement sur la « différence vraiment géniale entre les deux machines (Hubner et Heilmann) », alors que « Hubner fit continu ce que Heilmann avait créé » intermittent (1) ».

A l'appui de cette distinction, l'auteur emprunte au brevet Hubner de 1851 l'énoncé du principe de la première peigneuse *annulaire* et *continue*.

Ceux de nos collègues que la question intéresse trouveront ensuite une description très complète des dispositions imaginées par l'inventeur pour satisfaire aux conditions multiples du programme qu'il s'était tracé : *Porte-bobines rotatif*, à la partie supérieure de la machine; *turbine* en fonte d'où s'échappent les rubans fibreux; *galet alimentaire; pince annulaire* de la nappe à peigner; *hérisson* ou peigne concave, cylindro-conique, épousant partiellement le cercle de la turbine pour le peignage *en tête; peigne nacteur circulaire*, à inclinaison variable, destiné au peignage *en queue; pince d'arrachage*, etc.

L'énumération des perfectionnements de détails analysés par M. Férouelle avec une compétence indiscutable et dus soit à Hubner seul, soit à ses collaborateurs, constructeurs ou directeurs de filature, nous entrainerait hors des limites d'un simple compte rendu, mais vous me permettrez de citer la conclusion de ce chapitre :

« Il est à présumer — a écrit M. Férouelle — que le peignage continu » finira par remplacer le peignage intermittent, par la raison que les » fibres courtes se trouveront, dans l'arrachage continu, bien mieux » réparties et mieux mélangées qu'avec l'arrachage intermittent, qui a » le grave défaut de les sectionner par petites nappes et de les échelonner ainsi de distance en distance sur le ruban formé. Ce défaut, peut-» être moins sensible pour le coton dont la fibre est moins longue relativement à d'autres espèces de textiles, le devient surtout pour la laine, » dont la différence d'une fibre courte à une longue est bien plus » grande (2).

(1) René Férouelle, *Mémoire sur les travaux d'Emile Hubner, ses peigneuses pour le coton, la soie et la laine*, p. 15.
(2) R. Férouelle, *Mémoire*, p. 56.

Les pages réservées aux peigneuses à coton se terminent par un véritable manuel de réglage. M. Férouelle, supposant la peigneuse démontée, replace chaque pièce en ordre convenable et indique, au fur et à mesure, les positions relatives, les écartements des divers organes.

Peigneuse pour la soie. — La peigneuse Hubner pour la soie, basée sur le principe de la première peigneuse pour le coton, diffère cependant par un point essentiel. Au lieu de s'effectuer en une fois, le peignage s'y produit en deux phases successives, d'abord en descendant le long de la cuve métallique au-dessus de laquelle tourne la turbine, puis en remontant, c'est-à-dire dans le sens adopté pour le travail du coton. De plus, les organes épurateurs communiquent par des canaux avec un ventilateur, qui aspire les poussières et autres impuretés détachées par les aiguilles.

La description de la peigneuse pour la soie est d'autant plus instructive qu'Émile Hubner, n'ayant pas voulu — on l'a dit — recourir à la protection, souvent illusoire, d'un brevet d'invention, s'était réservé l'exploitation exclusive de cette machine et « l'avait toujours tenue soi-» gneusement cachée, même aux yeux de ses admirateurs les plus fer-» vents (1) ».

Pour fabriquer les peignes cylindriques et obtenir avec économie une garniture exactement divisée, Hubner avait adopté des moyens originaux; aussi ont-ils été soigneusement notés et décrits par M. Férouelle.

Peigneuse pour la laine. — La dernière partie du mémoire traite de la peigneuse pour la laine, qui, brevetée en 1877, fut exposée quelques mois plus tard au Champ de Mars et valut à Émile Hubner la médaille d'or. Nous vous en avons indiqué le principe dans une *Étude sur les machines nouvelles de la filature et du tissage à l'Exposition universelle de* 1878 (2); mais depuis, jusque dans les dernières années de sa vie, Hubner n'a cessé de travailler à cette nouvelle création pour en augmenter le rendement et la rendre avantageusement applicable au traitement des laines les plus chardonneuses. M. Férouelle a retracé, avec la même conscience que pour les machines antérieures, les résultats de ces efforts incessants, de ces labeurs, de ces recherches absorbantes qui passionnent l'inventeur de génie et lui procurent tour à tour les angoisses et les joies d'un véritable enfantement.

Comme vous le voyez, messieurs, le mémoire de M. Férouelle n'a pas seulement satisfait au programme de la Société Industrielle de Mulhouse, qui comportait l'analyse de l'œuvre d'Émile Hubner (3), cette étude a enrichi la bibliographie technique d'une monographie méthodique de toute une famille de machines particulièrement intéressantes. Malheureusement, l'auteur, dont les patientes recherches antérieures (4) fai

(1) Férouelle, *Mémoire*, p. 72.

(2) *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*. An. 1879, 2e sem., p. 957.

(3) La Société Industrielle a voulu donner ainsi un témoignage public de sa reconnaissance pour Emile Hubner, qui légua à sa ville natale une fortune considérable à partager entre l'hospice civil et la Société Industrielle de Mulhouse.

(4) A l'aide de photographies faites avec un soin minutieux, M. Férouelle a montré qu'il importe, lors du peignage, de traiter le ruban cardé suivant une direction déterminée. Les fibres, au sortir de la carde, se présentent, en effet, dans des positions telles que la proportion de déchet se trouve influencée par le sens de la marche du ruban. La mort a empêché M. Férouelle d'achever cette étude délicate et complexe.

saient espérer de nouveaux travaux, fructueux pour les industries textiles, vient de mourir prématurément; nous ne saurions donc terminer sans joindre aux remerciements que nous devons à M. Grosseteste pour l'envoi du remarquable mémoire de M. René Férouelle, l'expression des regrets que nous inspire la fin cruelle de cet Ingénieur.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Simon de sa communication et donne la parole à M. G.-P. ROUX pour une communication sur les *Compteurs électriques*.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Roux de cette communication qui paraîtra *in extenso* au prochain numéro du Bulletin et donne la parole à M. J. Gaudry sur *les Navires à grande vitesse*.

M. J. GAUDRY résume à grands traits un travail étendu qu'il a préparé sur les progrès de la navigation à vapeur et les conditions multiples que doivent réaliser les vapeurs à grande vitesse. Les questions qu'il traite sont trop complexes et elles sont déjà présentées sous une forme trop concise pour qu'il soit possible d'en faire un résumé succinct.

Le mémoire de M. J. Gaudry paraîtra d'ailleurs dans le prochain numéro du Bulletin.

M. Aug. MOREAU a été très frappé de ce qu'a dit M. Gaudry de la puissance future des machines à vapeur; il se demande, non sans inquiétude, si les navires à très grande vitesse pourront bientôt transporter autre chose que leur charbon, et si les stations d'approvisionnements seront suffisantes pour satisfaire aux besoins de pareilles consommations.

M. Aug. Moreau s'était attendu à voir M. Gaudry développer plus complètement la question des nouveaux propulseurs; il aurait aimé l'entendre au sujet de la possibilité de remplacer ces énormes provisions de combustible par des propulseurs nouveaux fournissant des forces considérables sous de très petits volumes et de faibles poids, ainsi que l'a fait entrevoir, par exemple, notre collègue, M. Arsène Olivier, dans sa brochure *le Nausol*.

M. GAUDRY répond qu'en principe ce serait parfait, parce qu'on aurait à la fois la machine et le propulseur. Mais la brochure en question ne donne aucune indication sur les dispositions de la machine qui devrait réaliser l'idée émise.

Il est d'avis qu'il y a lieu d'attendre des détails plus complets avant de pouvoir émettre aucune opinion.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Gaudry d'avoir bien voulu traiter, devant la Société, une question aussi intéressante et de s'être surtout attaché à faire ressortir les remarquables progrès réalisés par l'industrie depuis vingt ans et auxquels ont si largement contribué plusieurs de nos collègues.

M. le Président ajoute que les modèles des machines et les divers plans et photographies, qui ont été présentés en séance, nous ont été obligeamment prêtés par la Compagnie Générale Transatlantique, si habilement dirigée par son Président, notre collègue E. Péreire, et M. l'Ingénieur Daymard; par M. Hattemer, de la Hamburg-Line, et

M. H. Graefe, de l'Inman Line. Ce dernier a fait hommage à la Société du dessin représentant le paquebot *City of Paris*.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. H. Faucher pour sa communication sur les *Machines frigorifiques*.

M. FAUCHER, vu l'heure avancée, ne donne qu'un rapide aperçu de son travail qui est accompagné de divers tableaux et résultats d'essais qui figureront au Bulletin.

La séance est levée à onze heures un quart.

LES MACHINES FRIGORIFIQUES

PAR

M. H. FAUCHER

INGÉNIEUR CIVIL

Il a été publié récemment quelques ouvrages sur les machines frigorifiques ; notre éminent collègue, M. Richard, a fait au Congrès de Mécanique de 1889 une étude très intéressante sur les divers systèmes employés pour produire le froid.

Dans ces mémoires, que vous connaissez, toutes les machines sont bien décrites.

Il m'a semblé, cependant, que quelques parties de ces études méritaient d'être développées et c'est ce qui me fait vous présenter cette note.

Considérations pratiques sur différentes machines frigorifiques.

Si nous examinons le chemin parcouru par l'industrie du Froid, depuis 1860, date des premiers brevets de Carré, jusqu'à nos jours, nous remarquons que si les machines frigorifiques ont été perfectionnées au point de vue du rendement, les agents employés sont restés les mêmes *(Pl. 59)*.

Les applications du froid ont augmenté d'une façon constante ; les machines frigorifiques ne sont plus employées seulement pour la production de la glace, mais encore pour un nombre considérable de cas, dont les principaux sont :

1° Pour les brasseries, où une température uniforme pendant la période de la fermentation est indispensable ;
2° Salles de démoulage du chocolat ;
3° Laiteries, conservation du lait ;
4° Produits chimiques ;
5° Forage des puits dans les terrains aquifères ;
6° Congélation des Skating-Ring ;
7° Conservation des poissons et des viandes, etc., etc.

LES MACHINES FRIGORIFIQUES SE DIVISENT EN DEUX GRANDES CLASSES:

1° Machines à compression mécanique ;
2° Machines à affinité.

Notre étude devant rester dans les limites de la pratique, nous donnerons un rapide aperçu du principe, de la construction et du rendement industriel de chaque machine.

1° Machines à compression mécanique.

Cette classe se divise en deux parties :
a. — Machines à air.
b. — Machines à gaz liquéfiables.

a. — Machines à air.

L'air présente sur les autres agents employés l'avantage que l'on peut se le procurer partout et sans aucune dépense.

Les machines de ce système sont robustes et n'exigent aucun intermédiaire pour la transmission du froid produit (ni liquide, ni surface métallique), sauf cependant pour la fabrication de la glace.

Dans ce cas, il faut un congélateur formé d'un serpentin plongé dans une cuve remplie d'un liquide incongelable.

L'air détendu et froid circulant dans les tubes du congélateur abaisse la solution incongelable à environ 15° au-dessous de zéro.

L'eau à congeler est contenue dans des mouleaux qui sont plongés dans la solution réfrigérante.

Il semblerait donc à première vue que ce type de machine doit donner le meilleur usage industriel. Il n'en est point ainsi.

Dans son ouvrage sur la théorie des machines à froid (édition 1878), M. Ledoux a théoriquement démontré l'infériorité du rendement des machines à air, comparées aux machines à gaz liquéfiables.

Nous nous bornerons à indiquer d'une façon très générale les principales causes qui rendent coûteuse l'application industrielle de ce genre de machines.

Nous rappellerons avant le principe et le fonctionnement des machines à air

1° On comprime l'air au moyen d'une pompe à simple ou à double effet dans un récipient nommé « refroidisseur d'air ».

2° La chaleur développée pendant la compression est soustraite

à l'air comprimé par un courant d'eau fraîche traversant le refroidisseur.

L'air est ainsi amené très sensiblement au degré de température de l'eau employée.

3° L'air débarrassé de la chaleur due à la compression se dilate dans un cylindre nommé « détendeur » et restitue pendant cette période une fraction du travail moteur fourni sur le piston du compresseur.

4° L'air à sa sortie du détendeur s'abaisse au-dessous de la température ambiante, et c'est à ce moment que se produit le froid que l'on utilise.

La machine de Giffard, brevetée en 1873 et celle de Windhausen peuvent être considérées comme ayant servi de bases à toutes les machines à air construites depuis cette époque, notamment en Angleterre, par MM. Bell et Coleman, Hall et Lightfoot.

Malgré les dispositions souvent très ingénieuses adoptées par ces divers constructeurs, nous ne pensons pas que ces machines soient économiquement applicables dans l'industrie, à cause de leur rendement inférieur à celui des autres machines frigorifiques.

Cette infériorité de rendement résulte des diverses causes que nous énumérons.

1° L'effet utile n'est pas proportionnel à l'accroissement de la pression dans la machine, car il est limité par les hautes températures qui se produisent pendant la compression et qui augmentent ainsi le travail résistant.

Il faut donc combattre d'une façon constante l'excès de chaleur correspondant au travail de compression de façon à rendre celle-ci isotherme.

De plus, la température finale décroît rapidement à mesure que le degré de détente augmente.

2° Étant donnée la faible chaleur spécifique de l'air (0,237), il faut à ces machines des organes très volumineux absorbant ainsi pour vaincre les seuls efforts passifs une force relativement considérable.

Cette augmentation des dimensions des compresseurs entraîne une augmentation des espaces nuisibles.

3° L'abaissement de température qui se produit au moment de l'expansion provoque la congélation de la vapeur d'eau contenue dans l'air.

Cette formation de neige ou de glace ne gêne pas seulement le

fonctionnement mécanique des organes, mais elle diminue également le rendement thermique de la machine, en élevant la température finale de l'air.

Ce réchauffement tient au dégagement de la chaleur latente de vaporisation et de liquéfaction de la vapeur d'eau contenue dans l'air.

En résumé, cette machine a un rendement quatre fois inférieur à celui des machines à agents chimiques. Nous ne pensons pas, malgré quelques applications faites principalement dans l'Amérique du sud, que l'on puisse adopter ce système en raison du coût élevé des frigories produites.

Un point qu'il est important de signaler est qu'étant donnée la faible chaleur spécifique de l'agent employé, même si la machine produit de l'air ayant à la sortie de la boite à neige — 60° au-dessous de zéro, on arrive à peine à pouvoir maintenir un local à — 25°, travail que toutes les machines à liquide peuvent produire, avec un rendement bien supérieur.

b. — Machines à gaz liquéfiables.

Cette classe de machines est la plus répandue dans l'industrie et offre à notre examen quatre types principaux :

1° Machines à chlorure de méthyle;
2° Machines à acide carbonique;
3° Machines à ammoniaque;
4° Machines à acide sulfureux.

Les deux dernières machines représentent les systèmes les plus employés par les industriels, et ce sera sur elles que notre examen s'arrêtera principalement.

Machines à chlorure de méthyle.

C'est le professeur Vincent qui a étudié le premier l'application de cet agent à la production du froid.

Cette machine est actuellement construite avec beaucoup de soins par MM. Douane et Jobin et présente des dispositifs intéressants, notamment le compresseur.

Pour les machines de 2 000 à 10 000 frigories à l'heure, le compresseur est à simple effet, le travail se faisant sur la face du piston opposée au presse-étoupe, de manière à diminuer les risques de fuites.

La pompe est elle-même enveloppée dans une caisse en fonte

absolument close; l'arbre manivelle actionnant le compresseur traverse cette enveloppe par un presse-étoupe ordinaire.

Tous les organes sont immergés dans de la glycérine, qui forme non seulement un excellent joint, mais encore lubrifie les pièces de la machine.

De cette disposition il résulte que le presse-étoupe n'a à s'opposer qu'au passage de la glycérine.

Dans les machines de puissances plus considérables, la disposition varie, mais le principe reste le même; les compresseurs sont alors au nombre de deux, fonctionnant à simple effet.

Les autres appareils sont les mêmes que ceux employés dans toutes les machines à compression mécanique, et nous nous bornerons à les indiquer sommairement.

Le condenseur se compose de serpentins en cuivre dans lesquels les vapeurs circulent de haut en bas après avoir traversé un robinet; un tuyau plongeur ramène ensuite le gaz liquéfié au réfrigérant.

Celui-ci est constitué par deux serpentins en cuivre et un récipient placé au centre des serpentins.

Un robinet régleur modifie le volume de chlorure de méthyle à introduire dans le frigorifère, suivant le degré de froid à obtenir.

Ce système est certainement très intéressant; on lui reproche cependant d'employer un agent facilement inflammable (1), présentant en outre l'inconvénient, si une fuite venait à se produire, qu'étant donnée la faible odeur dégagée par le chlorure de méthyle, on ne pourrait y remédier que souvent trop tard pour empêcher une perte considérable de liquide.

Nous ne connaissons pas un grand nombre de ces machines qui soient employées par l'industrie; il en est de même pour la machine à acide carbonique qui est, il faut le remarquer, d'invention plus récente.

Machine à acide carbonique.

L'Exposition de 1889 nous a permis de voir en France la première machine de cette classe, construite, suivant les brevets de M. Windhausen, par MM. J. Halot et C^ie^, de Bruxelles.

L'acide carbonique serait un des agents les plus propres à produire de très basses températures, mais les fortes tensions de ce

(1) D'après les constructeurs, dans le cas d'incendie, la flamme du chlorure de méthyle s'éteint facilement, car elle est fortement chargée d'acide chlorhydrique.

gaz à des températures moyennes sont la cause des difficultés que présente son application.

Ses tensions sont :

A + 30°, 75 *atm.*
0°, 38 —
— 15°, 25 —
— 30°, 10 —

Ces chiffres montrent suffisamment que les organes de ces machines sont soumis à des pressions considérables et que les joints sont particulièrement difficiles à rendre étanches.

D'après l'avis général, la machine exposée en 1889 par MM. Halot et Cie peut être considérée comme une des solutions les plus ingénieuses du problème de la liquéfaction des gaz à hautes pressions.

La machine que nous avons vue produisait 50 *kg* de glace à l'heure.

Le compresseur était vertical, à simple effet, actionné par un moteur système Corliss de 20 HP.

La pression de marche variait, au compresseur, entre 75 et 80 *atm*, en raison de la température relativement élevée de l'eau de condensation ; l'abaissement de température correspondant était au réfrigérant de 15° au-dessous de zéro.

Cette machine présente certaines dispositions nouvelles que nous allons décrire.

Le cylindre du compresseur, étant données les hautes pressions auxquelles il doit résister, est en acier coulé avec enveloppe à circulation d'eau froide.

Une des particularités de cette construction consiste dans la façon dont s'effectue la compression qui s'opère par l'intermédiaire d'un piston liquide contribuant au refroidissement des gaz pendant la compression et à la réduction des espaces nuisibles.

Le compresseur est partagé en deux compartiments par l'enveloppe à circulation d'eau qui n'existe que sur une certaine partie du cylindre.

Le piston proprement dit se meut dans un des compartiments. le piston liquide occupe l'espace compris entre la face du piston en acier et le fond du cylindre qui porte les soupapes d'aspiration et de refoulement.

Le piston liquide se compose d'eau glycérinée ; la glycérine n'ayant aucune affinité pour l'acide carbonique convient très bien et sert en même temps de lubrifiant.

Le condenseur et le réfrigérant sont des serpentins en fer, éprouvés à de très fortes pressions, qui ne présentent d'autres particularités que les soins apportés à leur construction.

Étant donnée l'apparition récente de ces machines, nous ne pouvons porter un jugement définitif sur les résultats que l'on peut en attendre.

Cependant ces machines seront les seules pouvant marcher économiquement, c'est-à-dire avec un bon rendement aux basses températures, le point d'ébullition de l'acide carbonique étant 78° au-dessous de zéro. Aux températures industrielles de — 15° à — 20° au-dessous de zéro, les difficultés que présente leur construction, les hautes pressions de marche, les mettent dans un état d'infériorité par rapport aux machines à ammoniaque et à acide sulfureux.

Machines à compression d'ammoniaque.

M. Carré, physicien français, a pris le premier, vers 1864, des brevets pour l'application de l'ammoniaque comme agent frigorifique.

Depuis cette époque, de nombreux constructeurs ont perfectionné le type primitif; deux méritent une mention spéciale : MM. Mignon et Rouart, de Paris, et M. le professeur Linde.

Les machines de ces constructeurs diffèrent peu; aussi allons-nous examiner en détail celle du professeur Linde, qui est, croyons-nous, la plus répandue dans l'industrie.

D'après Regnault, les tensions des vapeurs d'ammoniaque sont :

A	+ 30°,	12 *kg*.
	+ 15°,	7,45 —
	+ 10°,	6,27 —
	0°,	4,34 —
	— 10°,	2,9 —
	— 30°,	1,19 —

Le type adopté, en général, pour la construction des compresseurs système Linde est celui à double effet; car, dans ce dispositif, on arrive à simplifier les organes en mouvement, à réduire les joints, les presse-étoupe et à diminuer l'emplacement occupé par les compresseurs à simple effet.

Dans les régions tempérées, l'eau destinée à la condensation atteint quelquefois 25°, ce qui donne une pression de marche de 10 *kg* par centimètre carré.

Avec une pression aussi élevée, les joints et les presse-étoupe présentent des dangers de fuites, et c'est à leur construction que l'Ingénieur a dû apporter tous ses soins.

Une disposition ingénieuse, pour éviter la surchauffe pendant la compression, se trouve adoptée dans les machines Linde : les vapeurs sont constamment saturées par un réglage de la soupape régulatrice, qui laisse circuler dans les appareils, avec la vapeur, quelques gouttes de liquide qui se trouvent entraînées mécaniquement.

C'est aux améliorations de ces parties des machines que le professeur Linde doit les résultats obtenus jusqu'ici.

M. Linde, dans les premières machines, avait employé un joint liquide composé de glycérine ; cette application présentait l'inconvénient que le corps employé avait une grande affinité pour le gaz ammoniaque, ce qui nécessitait une opération continue de rectification assez importante.

Depuis quelque temps, M. Linde emploie une huile minérale qui, d'après le constructeur, a moins d'affinité pour l'ammoniaque.

Malgré tous les soins apportés, on ne peut empêcher que la matière lubrifiante pénètre dans le cylindre, les clapets et, par conséquent, dans les appareils réfrigérant et condenseur.

L'entraînement de l'huile dans les appareils présente deux inconvénients : 1° diminution du joint d'huile ; 2° interception des surfaces de transmission du froid.

A l'aide de dispositifs spéciaux, on semble avoir obvié aux inconvénients que nous signalons.

Les perfectionnements apportés aux presse-étoupe sont réels, mais cependant les entraînements de matière lubrifiante existent encore ; malgré l'appareil séparateur placé sur la conduite de refoulement de la pompe.

Cet appareil est relié à un épurateur qui opère la distillation et la séparation de l'huile et de l'ammoniaque.

L'efficacité du séparateur n'est pas absolue, et l'obligation du graissage et les inconvénients qui en résultent méritent d'appeler l'attention des inventeurs.

Ces machines conviennent pour les températures de 0 à -20° dans le bain.

Les machines de MM. Rouart frères se distinguent de celles du professeur Linde par des détails de construction qui méritent d'être décrits.

Le compresseur est encore horizontal et sans enveloppe d'eau.

La garniture du presse-étoupe (machine Rouart) est la même que celle employée dans les moteurs à vapeur : chanvre, caoutchouc ou tresses métalliques.

Une autre particularité de cette machine est l'emploi au refroidissement de la tige du piston d'une dérivation du gaz détendu venant du réfrigérant pris sur le tuyau d'aspiration de la pompe, c'est-à-dire après que le gaz a produit son travail de production du froid dans le réfrigérant.

Cette disposition présente un avantage sur l'emploi d'une dérivation du gaz liquéfié, dont la production représente un travail supplémentaire, très minime, il est vrai, demandé à la machine.

Le graissage existe dans la machine Rouart, et nous retrouvons le séparateur d'huile que nous avons indiqué dans la machine Linde.

Le liquéfacteur ou condenseur, ainsi que le congélateur ou réfrigérant, sont les mêmes que ceux employés par ces constructeurs pour leurs machines à affinité.

Une machine à compression d'ammoniaque, étudiée par l'Ingénieur Fixary, présente aussi quelques particularités, entre autres la disposition adoptée pour les compresseurs.

Les cylindres sont verticaux et à simple effet, comme dans la machine Vincent.

Pour réduire les espaces nuisibles, les pistons sont constamment couverts d'une couche d'huile qui lubrifie en même temps les soupapes.

Au bas de chaque cylindre existe un espace libre d'un diamètre plus grand que celui des pistons ; cette chambre est remplie, aux deux tiers de sa hauteur, d'une huile spéciale.

A chaque course, les pistons viennent plonger en partie dans ce bain.

Les deux chambres communiquent avec un compartiment nommé « chambre d'équilibre », qui, au moyen d'un clapet, met en communication les chambres à huile des pistons avec les soupapes d'aspiration des cylindres.

Une autre disposition de la machine Fixary consiste dans l'emploi d'un joint d'huile congelée destiné à assurer l'étanchéité des presse-étoupe (1).

Un séparateur d'huile existe également sur la conduite de refoulement des gaz allant au condenseur.

(1) Les résultats sont très discutés. *Bulletin de la Société d'Encouragement*, novembre 1889.

Divers constructeurs à l'étranger, notamment MM. Lavergne, Kilbourn, Wood et Richmond, établissent avec succès divers types de machines à compression d'ammoniaque.

Toutes ces machines ont été minutieusement décrites par leurs auteurs; nous nous sommes borné à les examiner au point de vue général, et nous pensons pouvoir, de notre examen très rapide, tirer la conclusion suivante :

Les perfectionnements apportés depuis quelques années à la construction des appareils à compression d'ammoniaque ont rendu ces machines applicables dans l'industrie; mais il faut remarquer qu'elles ne présentent pas d'avantages essentiels qui les distinguent des machines employant d'autres liquides.

Le choix de l'agent frigorifique, ammoniaque, chlorure de méthyle ou acide sulfureux ne modifie pas d'une façon appréciable les rendements, mais doit offrir soit des conditions de sécurité soit de facilités d'emploi.

Nous pensons que l'ammoniaque employée dans des machines bien étudiées et bien construites représente, avec l'acide sulfureux, les deux agents que l'on doit adopter de préférence.

Machines à acide sulfureux.

Le professeur Pictet a, dès 1876, appelé l'attention sur l'application nouvelle de l'acide sulfureux comme agent réfrigérant.

Le corps employé dans les machines de cette classe n'est pas de l'acide sulfureux ordinaire, mais l'acide sulfureux anhydre; ce point a une très grande importance.

En effet, l'acide sulfureux ordinaire attaque les métaux, tandis que l'acide sulfureux anhydre est absolument neutre.

Notre opinion sur l'absence d'action de l'anhydride sulfureux sur les appareils se trouve absolument justifiée par des faits.

Nous avons examiné minutieusement des machines Pictet fonctionnant sans interruption depuis 1877; au bout de 15 ans il n'existe aucune trace de corrosion des métaux en contact soit avec le gaz sulfureux, soit avec l'acide liquide.

Les compresseurs (fonte), les tiges de piston (acier), les boîtes d'aspiration et de refoulement (bronze) le réfrigérant et le condenseur (cuivre rouge) démontrent par l'examen que nous en avons fait que l'acide sulfureux anhydre ne se transforme pas à la longue, par suite de l'humidité de l'air qui peut pénétrer accidentellement

dans la machine, ainsi qu'à tort plusieurs auteurs l'ont déclaré, en acide sulfurique.

Sur plus de cinq cents machines Pictet qui fonctionnent dans le monde entier, il n'a jamais été signalé de cas de transformation de l'acide sulfureux.

Ce point n'ayant jamais été nettement discuté dans aucun mémoire, nous avons pensé que, dès le début de notre examen, nous devions appeler l'attention sur une partie importante de l'étude que nous allons faire.

Les machines de ce système, comme toutes celles à compression, se composent d'un compresseur à double effet, d'un réfrigérant, d'un condenseur et d'un robinet régleur.

Le compresseur est à enveloppe avec circulation d'eau, qui après avoir absorbé la chaleur des parois du cylindre passe, au moyen d'un dispositif très simple, dans la tige du piston pour en éviter l'échauffement; à sa sortie cette eau est envoyée dans un bac quelconque.

Le presse-étoupe est le même que celui adopté dans les machines à vapeur; le bourrage est fait au moyen de tresses talquées ou de rondelles de liège.

L'acide sulfureux est un lubrifiant: le graissage du compresseur n'existe donc pas, et c'est là un des avantages principaux de ce système de machines.

Dans un Bulletin de la Société d'encouragement, nous trouvons une note de M. Diésel, Ingénieur de la maison Linde.

Nous ne pouvons pas laisser les affirmations de notre collègue sans répondre, et si nous le faisons aussi tardivement, c'est que nous n'assistions pas à cette séance.

Notre collègue ne se contente pas de nier l'efficacité de l'acide sulfureux comme lubrifiant, mais il cite un fait qu'il aurait constaté dans une machine Pictet.

M. Diésel dit qu'il a vu l'eau qui circule dans la tige du piston compresseur sortir non plus en eau, mais à l'état de vapeur.

Permettez-nous de croire, Messieurs, que l'expression a dû mal servir l'idée de notre collègue.

Si une telle surchauffe existait et si l'eau était vaporisée à travers une tige de piston en acier qui a environ 20 *mm* d'épaisseur, il faut admettre que cette tige, les segments et les parois du cylindre sont à une température supérieure à 100°.

Nous constatons chaque jour, dans les moteurs à vapeur, que lorsqu'un échauffement de ce genre vient à se produire dans une

glissière par exemple, par suite d'un manque de graissage, il y a d'abord grippement, production de limaille et enfin arrêt de la machine.

Or, la machine dont parle M. Diésel continuait à marcher: il faut donc supposer que l'échauffement des parois n'était pas aussi considérable que l'on a bien voulu le dire.

Lorsque l'on prend la température de l'eau à l'entrée du compresseur et que l'on fait la même opération à sa sortie de la tige du piston, on constate au maximum une élévation de température de 2 à 5°.

De plus, nous pouvons voir une machine Pictet qui fonctionne à la brasserie la Gallia, à Paris, depuis 1877; bien que le cylindre ne soit pas graissé, on ne l'a pas alésé à nouveau, et on n'a pas changé la tige du piston, après une marche de quatorze années; nous pensons que l'expérience est concluante.

M. Hirsch a indiqué au cours du Congrès de 1889, en répondant à M. Diésel, que si la compression amène un échauffement des gaz, cet échauffement peut coexister avec la saturation et même avec la condensation partielle des vapeurs.

M. Diésel a, nous le pensons, été un peu loin en disant que dans les compresseurs la forme liquide n'apparaît pas et qu'aucun intermédiaire ne lubrifie les cylindres.

Nous avons tenu à bien établir ce point : les machines à acide sulfureux sont suffisamment lubrifiées par l'agent employé.

En nous reportant aux descriptions des machines Linde, Rouart et Fixary, nous remarquons que les inventeurs sont arrivés à assurer une étanchéité presque absolue du presse-étoupe et le graissage indispensable du cylindre au moyen de dispositions remarquables, qui compliquent la machine sans avoir une efficacité complète et augmentent la surveillance à exercer.

De plus, la dépense occasionnée par le graissage n'est pas négligeable, et ce point mérite l'examen de l'industriel qui aura à comparer divers systèmes de machines.

Le réfrigérant de la machine Pictet est d'un type spécial. Il se compose de deux corps cylindriques en cuivre rouge d'environ 0,200 *m* de diamètre placés parallèllement.

Ces collecteurs sont reliés entre eux par des tubes courbés en U dont le nombre varie avec la surface d'émission à obtenir; ces tubes sont aussi en cuivre rouge.

Ce métal a été adopté comme étant un bon conducteur, d'un travail plus facile que le fer.

Le condenseur est composé d'un faisceau vertical formé par des tubes en cuivre rouge de faible section; l'eau circule dans les tubes et vient ensuite refroidir la partie extérieure de l'appareil au moyen d'une enveloppe en tôle.

Le fonctionnement de la machine Pictet ne présente rien de particulier sur les types similaires ; il y a aspiration d'un volume de gaz au réfrigérant, refoulement au condenseur où le gaz se liquéfie, puis détente de l'acide liquide dans le réfrigérant, le retour de l'acide étant réglé au moyen d'un robinet spécial.

La machine à acide sulfureux présente certains avantages industriels sur les machines à compression d'ammoniaque.

Les organes en sont réduits au nombre minimum, il n'existe pas d'appareils graisseurs, de joints liquides ou pâteux, pas de séparateur ni d'épurateur ; en un mot, si les deux machines à ammoniaque et à acide sulfureux, en admettant une construction égale, peuvent se valoir dans des climat tempérés, nous pensons cependant que la machine Pictet mérite d'être citée en première ligne pour les avantages qui résultent de sa simplicité remarquable.

La machine que nous venons de décrire convient parfaitement pour atteindre les températures de 0 à — 20° au-dessous de zéro.

L'application récente des machines à gaz liquéfiables à la congélation des viandes a obligé les constructeurs de pouvoir descendre le bain incongelable entre — 25° et — 30° au-dessous de zéro.

Il est inutile d'ajouter que le rendement frigorifique est indépendant de la nature de l'agent employé et qu'il diminue à mesure que l'écart de température augmente entre le condenseur et le réfrigérant; l'acide sulfureux, l'ammoniaque et le chlorure de méthyle conviennent donc pour atteindre ces basses températures.

La machine que nous allons examiner a été créée en vue de la marche dans le bain incongelable de — 25° à — 30° au-dessous de zéro.

Tous les organes décrits pour la machine ordinaire existent : compresseur, condenseur, réfrigérant et détendeur, mais deux ont été modifiés, le réfrigérant et le détendeur.

Le réfrigérant se compose de trois corps tubulaires horizontaux, reliés entre eux par des tubes en U, deux à la partie supérieure

de l'appareil, et un à la partie inférieure, servant de collecteur pour le retour de l'acide liquide.

La raison qui a motivé l'adjonction d'un collecteur inférieur est la suivante : pour produire le maximun d'effet utile dans le réfrigérant, il faut utiliser le maximum de chaleur latente du liquide à vaporiser ; or, l'acide liquide venant du condenseur est à une température sensiblement plus élevée que celui contenu dans le réfrigérant.

En effectuant le retour par le bas des tubes, nous obtenons un abaissement de température du liquide avant qu'il soit appelé à fournir de nouvelles vapeurs, ce qui a donné une amélioration assez sensible du rendement.

Le détendeur ou robinet régleur a été rendu automatique.

Cette condition est indispensable pour obtenir un rendement constant sans exiger une surveillance, ni des aptitudes spéciales de la part du conducteur de la machine.

Le régleur automatique est placé en bas du condenseur, à la sortie de l'acide ; son fonctionnement est basé sur le déplacement par le liquide d'une sphère creuse traversée par une tige, formant obturateur du tuyau de retour au réfrigérant.

Cet appareil est d'une sûreté de fonctionnement absolue, et ne comporte aucun organe mécanique susceptible de le rendre délicat ou d'exiger un entretien quelconque.

Les essais dont nous donnons les résultats ont eu lieu avec une machine de 10 000 frigories à l'heure avec les dispositifs que nous venons de décrire pour le réfrigérant et le régleur.

Nous pensons qu'il sera intéressant de connaître les conditions industrielles dans lesquelles l'expérience a eu lieu et nous donnons également la teneur du procès-verbal qui a été dressé après les essais.

De l'examen des résultats obtenus il résulte que (bien que les essais soient exécutés sur une machine très petite, dans laquelle les efforts passifs peuvent être évalués pour le moteur à 30 0/0), la machine à acide sulfureux convient pour obtenir industriellement de très basses températures.

Dans une expérience exécutée en octobre 1889 sur la machine de 120 000 frigories à l'heure S^me^ R. Pictet (installée dans la brasserie Gruber et C^ie^, à Melun), qui est actionnée par un moteur Sulzer, le rendement par cheval indiqué au moteur a été trouvé de 2 800 frigories pour une température de — 9° au bain incongelable.

Cette production de 2 800 frigories-heure à — 9°, comparée à

celle obtenue à la même température dans l'essai du 23 février 1892 prouve que les chiffres indiqués au tableau sont des minima qui seraient largement dépassés si, au lieu d'avoir fait les essais sur une machine-type 100 *kg* on avait adopté le type de 1 000 *kg* à l'heure.

Ces essais à basses températures seront repris d'ici quelques mois sur des machines plus puissantes que celle dont nous donnons aujourd'hui les résultats et feront l'objet d'un tableau qui sera soumis à la Société des Ingénieurs civils.

Avant de clore la note relative aux machines à acide sulfureux, nous pensons devoir affirmer qu'il est préférable, au point de vue pratique, d'employer l'acide sulfureux anhydre sans aucun mélange.

Nous avons fait des essais de longue durée sur les liquides binaires, et les résultats obtenus nous permettent de dire que si quelques-uns de ces mélanges, notamment celui avec addition d'acide carbonique donnent un rendement un peu supérieur aux basses températures, la difficulté de réglage doit engager l'industriel à ne pas employer des machines à liquides binaires.

Si on a vu la création des liquides binaires, on doit les attribuer en partie au besoin qu'il y avait à ne pas tomber dans les brevets de M. R. Pictet.

Procès-verbal des essais d'une machine système Raoul Pictet (type 1891), construite dans les ateliers de la Société Genevoise de constructions mécaniques, à Genève.

Essai N° 1.

La machine mise en expérimentation avait les dimensions ci-dessous :

Compresseur : diamètre du cylindre.	0,192 *m*
— course du piston	0,300 *m*
— volume engendré par le piston . . .	8,51 *l*
Moteur : diamètre du cylindre	0,185 *m*
— course du piston.	0,300 *m*
— volume engendré par le piston.	7,85 *l*
Réfrigérant : surface d'échange.	6,50 m^2
Condenseur : surface d'échange.	6,80 m^2
Cuve réfrigérante : longueur.	2,75 *m*
— largeur.	1,60 *m*
— hauteur	1,10 *m*

L'accouplement du compresseur au moteur avait lieu par le prolongement de la tige du piston de ce dernier.

Il faut tenir compte que la machine soumise aux essais étant le plus petit type industriel que l'on construise, le moteur n'avait pas une puissance suffisante pour permettre l'emploi de distributeurs perfectionnés ni d'enveloppe de vapeur.

Le compresseur était du type à huit clapets, comme la machine exposée par la Compagnie R. Pictet à l'Exposition universelle de 1889.

Pour contrôler la marche de la machine, il avait été pris les dispositions suivantes :

Toutes les heures il a été relevé des diagrammes sur le moteur au moyen d'indicateurs dynamométriques (d'Elliot frères, de Londres, petit modèle), dont les ressorts ont été tarés avant et après l'expérience.

La quantité d'eau de condensation était relevée sur un compteur Siemens, placé sur la canalisation d'arrivée au condenseur.

Les différences de débit proviennent des irrégularités de pression dans la canalisation de la Ville, sur laquelle était branchée la prise d'eau.

Les températures d'entrée et de sortie de l'eau de condensation étaient mesurées au moyen de thermomètres installés sur les tuyaux d'arrivée et de départ.

Le volume d'eau employé pour refroidir le compresseur a été jaugé toutes les heures et les températures d'entrée et de sortie relevées dans les mêmes conditions que pour le condenseur.

Il avait été installé, pour le contrôle des pressions à l'aspiration et au refoulement deux manomètres Bourdon qui ont été étalonnés avant et après l'expérience (celui d'aspiration avait le contrôle constant avec un manomètre à mercure).

La température des gaz à l'aspiration et au refoulement était relevée au moyen de thermomètres placés dans le circuit à l'entrée et à la sortie du compresseur.

La température de la cuve réfrigérante était relevée toutes les heures.

Il n'a pas été tenu compte du rayonnement par les parois de la cuve, qui était isolée par une couche de liège de 0,100 *m* d'épaisseur et une enveloppe en bois de 0,030 *m*.

Le caractère des essais étant purement industriel, on a tenu à ne prendre aucune mesure spéciale pour l'installation et la conduite de la machine.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau I et complétés par quatorze diagrammes relevés aux mêmes heures que les autres observations.

L'essai du 23 février 1892 a été vérifié le lendemain et les résultats obtenus sont identiques.

Nous avons adopté pour la chaleur spécifique du bain incongelable 1 ; ce chiffre se trouve justifié par divers essais précédents.

Le réfrigérant était du nouveau type à collecteur inférieur pour le retour d'acide liquide.

La charge d'acide sulfureux introduite dans la machine était de 46 *kg*.

Le régleur automatique formant détendeur a fonctionné régulièrement et sans demander aucune surveillance.

Il faut tenir compte que les rapports des cylindres compresseur et moteur ne sont pas ceux adoptés pour les machines du type ordinaire, cette machine ayant été étudiée pour la marche à basses températures.

Genève, le 25 février 1892.

Le directeur de la Société Genevoise de constructions mécaniques,

Signé : Th. Turettini.

L'ingénieur chargé des essais,

Signé : H. Faucher.

Tableau synoptique des essais de la Machine à glace à SO^2 expérimentée le 23 février 1892.

NUMÉROS	HEURES	PRESSION DES MANOMÈTRES				EAU POUR LA CONDENSATION					BAIN DE LA CUVE A GLACE		
		VAPEUR	CONDENSEUR	RÉFRIGÉRANT	MERCURE	ENTRÉE	SORTIE	DIFFÉRENCE	VOLUME	CALORIES	TEMPÉRATURE	VOLUME	FRIGORIES
		Atm. effect.	Atm. abs.	Atm. abs.	C/m	°C	°C	Degrés	Litres	Cal.	°C	Litres	Frig.
1	9,6	5,35	3,75	1,04	0,76	4,2	9,9	5,7			— 2	4 700	
2	10,6	5,81	3,70	1,00	0,73	4,8	17,5	12,7	1 600	20 320	— 5,7	»	17 390
3	11,6	5,72	3,55	0,763	0,58	4,9	16,2	11,3	1 400	15 820	— 9	»	15 510
4	12,6	6,16	3,30	0,664	0,505	4,9	14 »	9,1	1 500	13 650	— 12	»	14 100
5	1,6	5,81	3,20	0,605	0,46	5 »	12,5	7,5	1 900	14 250	— 14,6	»	12 220
6	2,6	6,37	3,17	0,546	0,415	5,2	12,9	7,7	1 500	11 550	— 16,6	»	9 400
7	3,6	6,24	2,90	0,5	0,38	5,4	11,6	6,2	1 700	10 540	— 18,5	»	8 930
8	4,6	6,31	2,80	0,46	0,35	5,2	11 »	5,8	1 600	9 280	— 20,4	»	8 930
9	5,6	6,24	2,75	0,427	0,325	5 »	10,3	5,3	1 600	8 480	— 22	»	7 520
10	6,6	6,16	2,60	0,388	0,295	5 »	9,9	4,9	1 700	8 330	— 23,5	»	7 050
11	7,6	5,65	2,60	0,375	0,285	5 »	9,6	4,6	1 600	7 360	— 24,7	»	5 640
12	8,6	4,9	2,60	0,362	0,275	5 »	9,2	4,2	1 500	6 300	— 25,7	»	4 700
13	9,6	5,65	2,55	0,33	0,25	4,9	9 »	4,1	1 700	6 970	— 26,9	»	5 640
14	10,6	5,65	2,55	0,322	0,245	4,9	8,8	3,9	1 500	5 850	— 27,9	»	4 700

Tableau synoptique des essais de la Machine à glace à SO^2 expérimentée le 23 février 1892 *(suite)*.

NUMÉROS	TEMPÉRATURE EN °C DES GAZ			TOURS	ORDONNÉES des DIAGRAMMES	ÉCHELLES des RESSORTS	PRESSION moyenne par cent. carré	EFFORT moyen SUR LE PISTON	TRAVAUX en CHEVAUX	EAU POUR LA CIRCULATION du COMPRESSEUR					PRODUCTION par CHEVAL IND.
	ASPIRATION	REFOULEMENT	AIR AMBIANT		INDICAT. I MOTEUR	INDICAT. I	MOTEUR	MOTEUR	MOTEUR	ENTRÉE	SORTIE	DIFFÉRENCE	VOLUME	CALORIES	MOTEUR
	°C	°C	°C	Par Min.	mm	mm	kg	kg	PF ind.	°C	°C	°C	Litres	Cal.	Frigories
1	+ 6	+ 30		88	16,44	6 375	2,578	674,7	7,93	4,2	10,5	6,3	350	2 205	
2	+ 3,5	+ 68	+ 10,5	88	16,08	»	2,522	660	7,76	4,8	10,5	5,7	»	1 995	2 241
3	+ 4	+ 70	+ 13	84	14,64	»	2,296	600,9	6,75	4,9	10,5	5,6	»	1 940	2 296
4	+ 3	+ 72	+ 13	86	14,04	»	2,202	575,8	6,63	4,9	10,5	5,6	»	1 940	2 126
5	+ 3	+ 70	+ 13,5	92	12,42	»	1,948	509,8	6,27	5	9,5	4,5	»	1 575	1 949
6	+ 2,8	+ 75	+ 14,3	90	11,51	»	1,807	472,9	5,69	5,2	9,5	4,3	»	1 505	1 652
7	+ 3,8	+ 70	+ 14	90	11,16	»	1,750	458	5,51	5,4	9,2	3,8	»	1 330	1 622
8	+ 4	+ 73,5	+ 14	90	11,16	»	1,750	458	5,51	5,2	9,1	3,9	»	1 365	1 622
9	+ 5	+ 71,5	+ 12,5	92	9,42	»	1,477	386,5	4,37	5	9	4	»	1 400	1 720
10	+ 5	+ 70	+ 16	90	10,14	»	1,590	416,1	5	5	9	4	»	1 400	1 410
11	+ 5,5	+ 70,5	+ 17,5	88	9,54	»	1,496	391,5	4,60	5	8,5	3,5	»	1 225	1 248
12	+ 8	+ 70	+ 19	92	9,06	»	1,421	371,9	4,57	5	8,9	3,9	»	1 365	1 028
13	+ 8	+ 73	+ 20	90	9,00	»	1,412	369,5	4,44	4,9	9,9	5	»	1 750	1 270
14	+ 8,5	+ 71	+ 20	92	9,06	»	1,421	371,9	4,57	4,9	8,9	4	»	1 400	1 028

De l'examen des notes, tableau et diagrammes qui précèdent nous pouvons tirer les conclusions ci-dessous :

1° L'acide sulfureux anhydre n'attaque pas les métaux ;

2° Il est ininflammable ;

3° L'absence de graissage dans les compresseurs est justifiée par la propriété lubrifiante de l'acide sulfureux anhydre ;

4° Cette suppression du graissage dans la machine Pictet représente au point de vue de la marche industrielle, un avantage sérieux et une simplification des organes ;

5° Pour une température de 25° au-dessus de zéro, par exemple, le gaz acide sulfureux aura une tension de 3,96 *kg*, et l'ammoniaque 10,30 *kg* (Regnault).

De ce fait on voit que les joints sont plus faciles à tenir étanches dans la machine à acide sulfureux que dans celle à compression d'ammoniaque ;

6° Le rendement par cheval indiqué au moteur, pour la température de la fabrication de la glace (— 9° dans le bain) est, dans les machines de moyennes puissances, de 2 800 frigories à l'heure, soit de 28 *kg* de glace ;

7° La consommation d'eau de condensation est de 11 *l* par 100 frigories produites à — 9° dans le bain (ou par kilogramme de glace.)

Nous appelons l'attention sur cette consommation d'eau que nous trouvons indiquée d'une façon inexacte, dans diverses notices.

8° La consommation d'acide sulfureux a été trouvée de 25 *kg.* pour une machine de 120 000 frigories (Gruber et Cie, Melun) et une période de marche consécutive de dix-huit mois ;

9° La machine Pictet convient aussi pour la marche exceptionnelle à basses températures ; à 22° au-dessous de zéro dans le bain, la production par cheval indiqué au moteur est encore de 1 720 frigories à l'heure.

2° Machines à affinité.

M. Carré est le premier qui ait songé vers 1857 à rendre industriel le principe scientifique de Faraday (liquéfaction du gaz ammoniac dissous dans le chlorure d'argent).

De 1859 à 1876 les modifications apportées dans la construction et dans les dispositions d'ensemble ont porté, nous le croyons, la machinité à affinité à son dernier degré de perfectionnement.

C'est à MM. Mignon et Rouart que l'on doit, en grande partie, le

résultat obtenu. Collaborateurs distingués de M. Carré, ils ont présenté à l'Exposition de 1889 le type de machine à affinité le mieux étudié sous tous les rapports.

Dans cette classe de machines, l'action de la pompe de compression est remplacée pour l'aspiration par l'affinité du dissolvant froid qui détermine l'absorption et la compression par la tension que prend le gaz sous l'action du chauffage.

C'est là un des avantages de la machine à affinité qui utilise ainsi directement la puissance calorifique du charbon.

Le seul organe mécanique qui existe est la pompe de circulation de la solution riche.

Avant d'examiner les conditions de rendement nous allons donner une description sommaire du principe appliqué.

Le gaz ammoniac se dissout dans l'eau dans une proportion considérable. Le coefficient d'absorption décroît quand la température de l'eau augmente, il est à 0 degré de 1 049 et à 15 degrés de 727.

Le rendement théorique suit la même progression.

Une solution ammoniacale marquant 28 ou 29 degrés Cartier est contenue dans une chaudière chauffée, soit à feu nu, soit à la vapeur.

A la température d'environ 150 degrés, le gaz ammoniac se sépare de la solution et passe dans des serpentins refroidis par un courant d'eau froide, dans lesquels il se liquéfie sous la double action de sa propre pression (10 *atm* environ) et du refroidissement.

L'ammoniaque liquide se rend au congélateur ou réfrigérant au moyen d'un robinet formant détendeur; le froid ainsi produit dans le réfrigérant est d'environ — 35° au-dessous de zéro, sous une pression d'environ 0,1 en atmosphère absolue.

En sortant du réfrigérant, les vapeurs, en vertu de la différence des pressions, se rendent dans le réservoir dit « vase d'absorption », dans lequel est contenue une solution d'ammoniaque pauvre titrant 20 degrés Cartier environ.

Les vapeurs sortant du réfrigérant se dissolvent dans cette solution et portent son degré de saturation entre 28 et 29 degrés Cartier.

La solution ainsi enrichie est reprise par une pompe qui la ramène à la chaudière.

Le cycle de la machine est donc complet ou mieux s'approche du cycle parfait; il est absolument semblable à celui des ma-

chines à compression mécanique, le compresseur se trouvant remplacé par la chaudière et le réservoir d'absorption.

Si l'appareil fonctionnait ainsi que nous venons de le décrire, son rendement serait irrégulier.

Pendant la période du chauffage, il se produit une décantation dans la chaudière : les vapeurs ammoniacales se séparent de la solution, laissant ainsi au fond du vase un liquide appauvri, qui, pour avoir un pouvoir absorbant aussi élevé que possible, doit arriver dans le vase d'absorption à une température relativement froide.

Au contraire, la solution riche doit être refoulée à la chaudière à une température élevée, dans le but d'économiser les calories à dépenser pour en effectuer la dissociation.

On a réalisé ce double but en intercalant, dans le circuit parcouru par les solutions, un vase spécial qui forme échangeur; le liquide chaud, qui est la solution pauvre, passe autour d'un appareil tubulaire dans lequel circule la solution riche venant du vase d'absorption.

De ce qui précède, on voit que les machines à affinité sont plus compliquées que les autres machines à compression mécanique; que les pertes par rayonnement, étant donnés les chemins parcourus par les solutions, sont élevées; que, les joints étant nombreux, les risques de fuites sont augmentés; la marche de la machine dépend du réglage et exige un apprentissage assez long.

Outre les causes ci-dessus, deux points importants réduisent encore le rendement théorique des machines à affinité :

1° Étant donné qu'au moment où l'ammoniaque se dissout dans la solution pauvre, il se produit de ce fait un dégagement de chaleur qui est environ de 513 calories par kilogramme, il est indispensable, pour conserver au liquide contenu dans le vase son pouvoir absorbant, de le refroidir par une circulation énergique d'eau froide.

La chaleur ainsi enlevée devant être fournie de nouveau au liquide dans le vaporisateur, de là perte de travail.

Ensuite le gaz ammoniac, au moment de la vaporisation dans la chaudière, entraîne de l'eau (environ 6 0/0); de ce fait, il y a augmentation des calories à fournir à la chaudière, pour la vaporisation de l'eau entraînée; de plus, une partie de l'ammoniaque du congélateur est absorbée par l'eau, qui ne s'évapore pas, d'où diminution du pouvoir frigorifique du gaz.

Il résulte de l'ensemble des causes ci-dessus qu'il ne faut pas

compter sur plus de 70 0/0 du rendement théorique ; ce chiffre est encore rarement atteint en pratique.

Dans plusieurs expériences exécutées sur des machines à affinité comparativement avec des machines à compression, l'infériorité des premières a été très appréciable ; cependant, il serait inexact de les considérer comme inapplicables pour la production du froid, surtout pour de faibles productions.

Une question qui résulte de la description des machines frigorifiques est celle de leur comparaison au point de vue du rendement ; ce point est des plus importants et celui qui est le plus difficile à établir d'une façon exacte.

Les rendements des machines frigorifiques ne peuvent être déterminés que par des essais dirigés par des opérateurs très minutieux, au moyen d'appareils spéciaux, de méthodes et de mesures appropriées à chaque système de machines.

Les quelques documents que nous possédons ne remplissent pas les conditions indiquées et les résultats publiés au moment des expériences de Munich ne doivent être acceptés qu'avec la plus entière réserve (1).

Un point, que notre impartialité nous fait un devoir de signaler, est celui que la machine présentée à la Commission d'expériences de Munich, sous le nom de : « Machine Pictet », n'était qu'une mauvaise imitation de la machine de ce nom (employant un prétendu nouveau liquide, et non l'acide sulfureux), créée dans un but commercial, et qui a fait l'objet de décisions judiciaires en faveur de la Compagnie R. Pictet.

Nous pensons qu'il serait utile que la Société des Ingénieurs Civils accordât son appui à l'idée émise par M. Richard lors du Congrès de 1889, qui demandait l'organisation de Laboratoires de mécanique.

Là, les études, dirigées par des savants d'une impartialité reconnue, seront autant profitables aux industriels qu'aux constructeurs qui viendront faire expérimenter leurs appareils.

(1) Rapport de M. Barrier, classe 50. Exposition 1889, page 92.

LES COMPTEURS
D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

PAR

M. P.-G. ROUX

Le sujet que j'ai l'intention de traiter porte sur une question qui est à l'ordre du jour et qui ne manque pas d'un certain intérêt : je veux parler des compteurs d'énergie électrique.

Parmi les industries nouvelles, il en est peu qui aient fait des progrès aussi grands et aussi rapides et qui aient pris un aussi grand développement, à tous les points de vue, que la distribution de l'énergie électrique.

Il y a peu de temps, il n'existait pas encore de station centrale de distribution d'énergie électrique et actuellement c'est par milliers qu'on les compte dans le monde.

On peut dire que jusqu'en 1888 Paris était dans cette situation et ne possédait pas de réseau public de distribution d'énergie électrique.

Les applications de l'électricité devenant tous les jours de plus en plus variées et prenant une plus grande extension, la création d'appareils servant à mesurer l'énergie fournie aux consommateurs s'imposait.

Ainsi que pour le gaz, l'emploi de compteurs pour l'électricité, enregistrant exactement l'énergie consommée, sous quelque forme que ce soit, éclairage, force motrice, chaleur, etc., facilite le développement de la distribution de l'énergie électrique ; car il est de toute nécessité, aussi bien pour la Compagnie que pour le consommateur, de savoir exactement la quantité d'énergie dépensée.

Dans beaucoup d'installations où l'énergie était vendue précédemment à forfait, le nombre des abonnés s'est augmenté dans des proportions considérables depuis l'emploi des compteurs.

Ce n'est que depuis quelques années que les compteurs ont été employés pratiquement, et malgré le grand nombre de modèles et de systèmes, tous plus ingénieux les uns que les autres, on se

trouve encore actuellement à la recherche d'un compteur industriel, pratique, et il n'est pas téméraire de dire que lorsque ce problème sera résolu un grand pas sera fait dans l'industrie électrique. Un des compteurs qui a été le premier employé est le compteur du professeur Aron, de Berlin, qui est suffisamment connu pour que je me dispense d'en faire la description.

Ce compteur a le seul avantage d'être un des premiers employés, mais le nombre de défauts qu'il possède est considérable et ces défauts sont si bien reconnus qu'on le délaisse de jour en jour et le remplace par d'autres types de compteurs. M. Hospitalier, dans un travail sur les compteurs, publié à la suite d'un concours organisé par la Ville de Paris, s'exprime ainsi au sujet du compteur Aron : « Dans l'appareil de M. Aron, présenté au concours, la principale difficulté rencontrée résidait dans le manque de synchronisme parfait des deux pendules qui donnait un enregistrement positif ou négatif lors même que la consommation d'énergie faite par l'abonné était nulle. Dans cet appareil, cet inconvénient très réel et très objectionnable, tant au point de vue des consommateurs qu'à celui de la Compagnie distribuant l'énergie électrique, a été très habilement levé par un ingénieux artifice qui consiste à relier les deux pendules oscillants par un petit fil non tendu, supportant en son milieu une petite masse d'environ 1 *g*. Dans ces conditions, le synchronisme des deux pendules se maintient indéfiniment d'une manière absolue, à la condition d'avoir été réglé une fois pour toutes d'une façon suffisante, par un ajustement préalable de la longueur des deux balanciers. »

Or, je ne suppose pas cet ingénieux artifice très pratique, car je n'ai pas encore vu dans une station centrale un compteur Aron muni de ce petit fil, sans lequel le synchronisme des deux pendules ne peut pas être obtenu.

Mais, d'autre part, il est bien certain que cet artifice qui tend à rendre synchrones les deux pendules qui ne le seraient pas sans lui, empêche ce synchronisme d'être détruit sous une faible influence, c'est-à-dire qu'il empêche le compteur d'enregistrer les faibles courants.

Enfin, cet appareil comportant un mouvement d'horlogerie, il est nécessaire de le remonter fréquemment.

Tout récemment, un compteur américain dû à M. Elihu Thomson a fait son apparition en France.

Ce compteur est remarquable par sa simplicité ; il n'est qu'une forme perfectionnée de l'idée de M. Siemens qui est indiquée tout

au long par M. Marcel Deprez dans la *Lumière électrique* du 2 février 1884, soit sept ans avant l'apparition du Thomson.

L'appareil Elihu Thomson est absolument juste théoriquement: il se comporte comme un électrodynamomètre. En un mot, l'appareil est tout à fait satisfaisant au point de vue de la mesure.

Il n'est pas aussi parfait en ce qui concerne l'énergie absorbée pour son service; elle est considérable. En effet, l'intensité du courant traversant la dérivation atteint un dixième d'ampère. Or, pour une station fonctionnant à 100 volts, la dépense continue sera de 10 watts, soit 2,4 hectowatts-heure par jour et 875 hectowatts par an, ce qui représente, si l'on suppose le prix de production de l'énergie à 0,06 *f* l'hectowatt, une dépense de 51 *f* par an et par compteur, et constitue pour la station une perte d'égale somme.

Enfin on peut lui faire une critique de quelque importance. Le travail de la dynamo est absorbé non seulement par le frein magnétique, mais encore par les frottements de l'appareil (résistances passives dont on a tenu compte à l'étalonnage il est vrai).

On s'est efforcé par des moyens de construction ingénieux de rendre ces frottements extrêmement faibles; on y est arrivé d'une façon acceptable, mais on ne peut affirmer qu'on ait atteint le résultat d'une manière absolue et il reste de ce côté une cause d'erreur. D'ailleurs, dans la notice même sur son compteur, M. Elihu Thomson dit: « Ne jamais changer la tension des balais, parce que cette tension a été réglée d'avance à l'usine et qu'elle ne doit jamais être modifiée; » mais ces résistances passives se modifient à chaque instant par la marche de l'appareil et dérèglent le compteur.

L'appareil que je vais décrire et dont l'invention est due à M. Lucien Brillié, tend à se dégager de ces dernières imperfections tout en conservant le principe et les qualités des compteurs dont je viens de parler, c'est-à-dire la simplicité, l'exactitude et, de plus, la régularité dans son fonctionnement.

Les dispositions essentielles sont les suivantes:

La mesure des quantités électriques est faite par un électrodynamomètre dont la bobine mobile porte suspendu un disque de cuivre.

Celui-ci est compris entre deux équipages d'aimants dont les pôles, placés en face l'un de l'autre des deux côtés du disque, déterminent des champs magnétiques le traversant. Cet équipage

d'aimants est disposé sur un axe et tourne sous l'action d'un petit moteur électrique.

Lorsque le courant passe, l'électrodynamomètre quitte sa position d'équilibre et déplace le disque d'un petit angle; l'équipage d'aimants, de son côté, entre en rotation, et il exerce sur le disque un effort tendant à le ramener à la position qu'il a quittée. L'effort ainsi exercé est proportionnel à la vitesse des aimants.

Cette vitesse est réglée au moyen de résistances intercalées sur le circuit du petit moteur; ces résistances sont introduites et retirées par l'électrodynamomètre lui-même.

Si la vitesse imprimée est trop petite, l'électrodynamomètre n'est pas ramené à zéro, il agit alors pour augmenter cette vitesse; si au contraire elle était trop grande, l'électrodynamomètre dépasserait son zéro et agirait pour la diminuer; l'état stable s'établit lorsque la vitesse est précisément telle que l'effort engendré par les aimants soit égal à celui qu'exerce l'électrodynamomètre.

Dans le fonctionnement continu, cet état s'établit à chaque instant et la vitesse est constamment proportionnelle à l'effort, c'est-à-dire à la quantité EI qu'il faut mesurer; il suffit donc de l'enregistrer sur un compteur pour avoir l'évaluation cherchée.

On voit que ce fonctionnement est analogue à celui d'une machine à vapeur munie d'un bon régulateur de vitesse. Ici, par sa nature même, le régulateur règle automatiquement la vitesse proportionnellement au courant à mesurer.

Pour atteindre ce résultat, M. Brillié a adopté les dispositions que je vais décrire:

La figure 1 donne la vue de côté, la figure 2 la vue de face, la figure 3 la vue en plan.

L'électrodynamomètre se compose de la double bobine fixe 1 formée de bandes de cuivre enroulées, en forme de cadres, recevant l'intensité totale du courant, et de la bobine mobile E formée de fil fin recevant une dérivation qui mesure la différence de potentiel. La bobine E porte à l'aide de trois bras le disque ou plutôt l'anneau de cuivre D. Le tout est suspendu au moyen d'un fil métallique fin qui passe dans l'axe de l'ensemble et dont la longueur est assez grande pour que sa torsion soit négligeable, surtout si l'on considère que la bobine E n'a jamais à s'écarter sensiblement de sa position d'équilibre.

L'équipage des aimants mobiles est représenté comme ayant la forme d'un ovale aplati; après essais, on n'a pas maintenu cette disposition; les aimants sont arrangés suivant les génératrices de

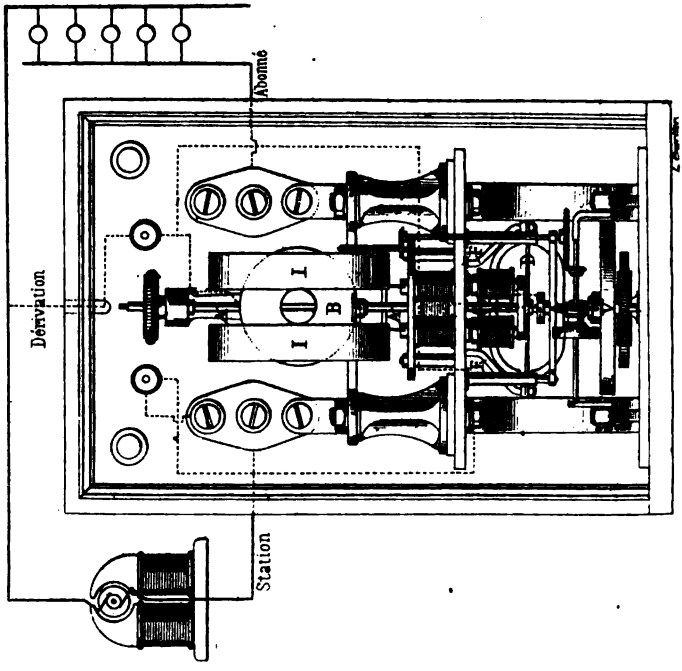


Fig. 2

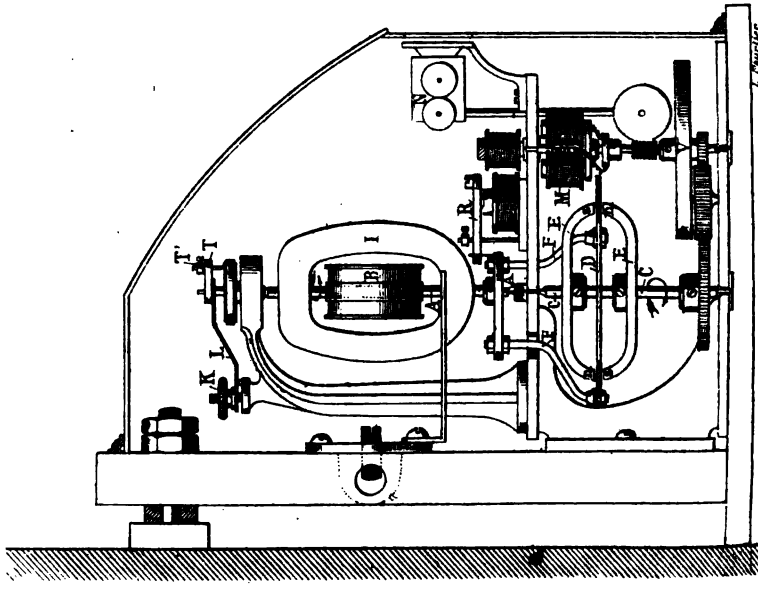


Fig. 1

deux cônes opposés par la base, les pôles successifs étant alternés, comme on le voit dans la figure 4.

Le petit moteur qui met cet équipage en mouvement est figuré

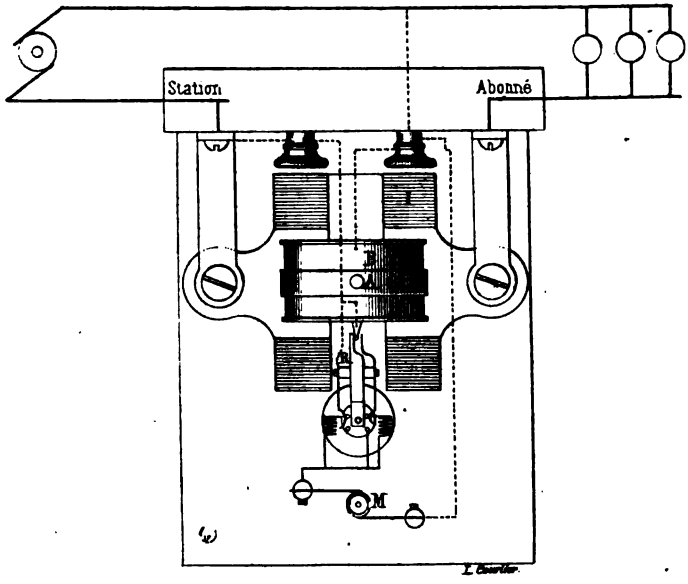


FIG. 3.

en M *(fig. 1 et 2)*. Il comporte cinq bobines, deux supérieures fixes formant inducteur, trois inférieures mobiles constituant une sorte d'armature Gramme à trois sections, munie par conséquent d'un petit collecteur à trois touches, placé au-dessous. Ces deux armatures sont placées en série sur le courant.

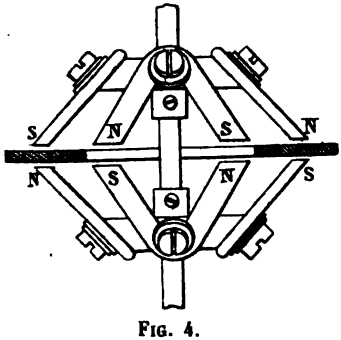


FIG. 4.

Le moteur, dont la vitesse est régularisée par un volant V, agit sur les aimants par une transmission à engrenages ; d'autre part, son nombre de tours est enregistré à l'aide d'une vis sans fin mettant en jeu un compteur N qui présente des cadrans apparents permettant de relever les chiffres. J'ai dit que l'électrodynamomètre constituait à l'égard du moteur un véritable régulateur de vitesse. Il opère cette régulation en modifiant la résistance du circuit de ce moteur à l'aide d'un petit rhéostat.

Il y a une difficulté pratique sérieuse : il fallait avoir un rhéostat

extrêmement réduit, et agir sur lui par des moyens d'une absolue simplicité ; les figures 5 et 6 feront comprendre de quelle manière vraiment ingénieuse cet obstacle a été surmonté.

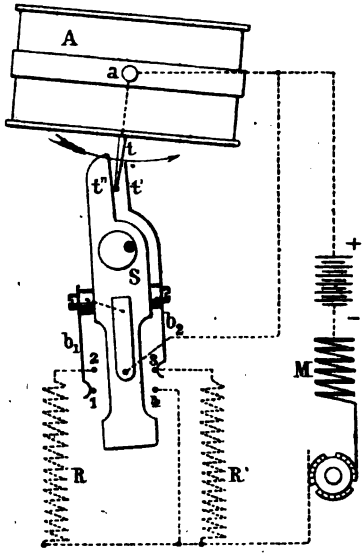


Fig. 5.

L'inventeur a donné du fonctionnement du rhéostat une explication bien claire que je vais résumer.

Le rhéostat comprend seulement deux résistances formées de deux bobines dont l'une est visible en R sur la figure 2 et qui sont présentées schématiquement en R et R' sur la figure 5.

Le régulateur se compose d'une pièce isolante S mobile autour d'un axe *s*. Sur les côtés de cette pièce isolante sont fixés des balais flexibles b_1 et b_2 dont l'un b_1 communique par l'axe *s* avec un pôle de la source de d'électricité et l'autre b_2 avec un contact *t'*.

Quatre goupilles numérotées 1, 2, 3, 4 sont fixées sur une pièce isolante portant le pivot S de telle sorte que par le mouvement d'oscillation de S, les balais b_1 et b_2 se mettent alternativement en contact avec les goupilles 1 et 2 ou 3 et 4. Les déplacements de S sont commandés par le doigt *t* formant contact monté sur l'axe *a* de la bobine A de l'électrodynamomètre et par conséquent solidaire de cette dernière.

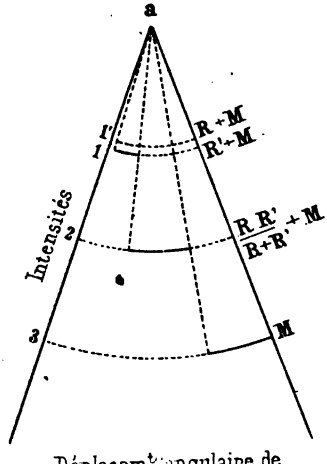


Fig. 6.

Considérons la position du repos, c'est-à-dire la position des différents organes de l'appareil lorsqu'il ne passe aucun courant *(fig. 5)* dans le compteur ; le doigt *t* s'appuie contre la pièce isolante S en *t''* ; le balai b_1 s'appuie sur la goupille 1 sans être en contact avec la goupille 2 et le balai b_2 isolé de la goupille 4 est en contact avec la goupille 3.

La goupille 1 est entièrement isolée; des goupilles 2 et 3 partent les résistances R et R′ intercalées entre le moteur M et ces goupilles. La goupille H est reliée directement au moteur M. Dans cette position, aucun courant ne traverse donc le moteur.

La bobine E seule est toujours parcourue par le courant lorsque le circuit général est en charge. — Dès que le moindre courant traverse les gros cadres, la bobine A *(fig. 5)* de l'électrodynamomètre se déplace et entraîne le contact *t* dans le sens de la flèche. Le contact *t t′* est établi et le circuit du moteur est fermé par $+ a, tt''.b_2 R'$, M ce qui donne au courant qui le parcourt, la valeur *l* représentée graphiquement figure 6.

Le contact *t* continuant à se déplacer sous l'action prépondérante de l'électrodynamomètre sur l'entraînement magnétique, déplace dans son mouvement la pièce S et le balai b_1 vient en contact avec la goupille 2. La résistance R s'établit en dérivation sur R′ et le circuit du moteur devient :

$$+ \left\{ \begin{matrix} a\,t\,t'\,b_2\,3\,R' \\ s\,b_1\,2\,R \end{matrix} \right\} M -$$

La résistance diminuant puisqu'il a maintenant deux voies au lieu d'une, le courant a augmenté et a pris la valeur 2 représentée graphiquement.

Si, toujours sous la même influence (l'action prépondérante de l'électrodynamomètre), le contact *t* continue à déplacer la pièce S dans le même sens, le balai b_2 vient en contact avec la goupille 4 et le circuit du moteur devient :

$$+ a\,t\,t'\,b_2\,4\,M -$$

Le courant prend la valeur 3 du graphique, valeur telle que la vitesse du moteur deviendra, dans tous les cas, supérieure à celle nécessaire pour que l'action des aimants devienne plus grande que l'action de l'électrodynamomètre.

Lorsque l'action des aimants devient prépondérante, le contact *t* se déplace dans le sens inverse de celui indiqué par la flèche et le contact *t t′* est rompu.

Le circuit devient alors :

$$+ s\,b_1\,2\,R\,M -$$

valeur représentée graphiquement par *l*.

Si le contact *t* continue à se déplacer dans le sens opposé à celui indiqué par la flèche, il entraîne la pièce S, le balai b_1 abandonne

la goupille 2 et passe sur la goupille 1 ; le courant devient nul. En résumé, on voit :

1° Que le courant envoyé dans le moteur est d'autant plus grand que la bobine est plus à droite ;

2° Qu'il diminue sensiblement pendant l'oscillation à gauche ;

3° Que la rupture se fait soit en t t' soit en b_1 2 à travers R ou R', c'est-à-dire lorsque le courant est minimum.

Dans le fonctionnement normal, la bobine, A par de *légères* oscillations, modifie constamment la valeur du courant du moteur, de façon que l'intensité *moyenne* qui le traverse lui imprime précisément la vitesse qui maintient la bobine dans sa position d'équilibre.

Comme on le voit, on n'a pas cherché à réaliser la résistance précise et à atteindre juste l'état d'équilibre ; le moteur reçoit continuellement de petites impulsions. Comme d'une part ces impulsions sont alternativement de sens inverse et de l'autre que, en vertu de son inertie, le moteur ne lui obéit pas d'une façon absolument instantanée, la vitesse représente bien exactement la valeur cherchée et donne la mesure que l'on voulait obtenir.

Ce compteur est très sensible ; un appareil destiné à une installation de mille lampes donne des indications pour une seule lampe, assez indécises, il est vrai ; il part franchement pour deux lampes ; il marquerait donc la dépense à 1/500me près, ce qui est satisfaisant ; il échapperait à la critique générale adressée récemment à la paresse des compteurs de grands modèles.

En effet, dans les compteurs moteurs ordinaires, l'effort qui tend à les mettre en marche est proportionnel au courant à mesurer. Ici l'appareil électrique de mesure agit seulement, ainsi que nous l'avons vu, comme régulateur de vitesse sur le moteur, et l'effort qui tend à le faire tourner ne dépend que de la position de ce régulateur.

D'ailleurs, le plus faible courant qui traverse le moteur est réglé par le rhéostat de façon à assurer sa mise en marche, et il suffit du 1/200me du courant maximum pour déplacer entièrement le régulateur et donner au moteur toute sa puissance.

Il n'est pas sujet, comme on le voit, à l'objection faite au compteur Thomson ; la vitesse mesurée n'est pas fonction des frottements ; on dépensera dans le moteur plus ou moins d'énergie, suivant la valeur de ceux-ci, mais il faudra toujours qu'en définitive il y ait équilibre entre l'effort engendré par l'électrodynamomètre et l'effort d'entraînement exercé sur le disque ; la

mesure sera donc exacte. Il consomme d'ailleurs très peu de courant; celui-ci n'est admis dans le moteur qu'au moment du comptage; pendant le reste du temps, la bobine, qui est très résistante, reçoit seule l'électricité.

Un compteur de ce nouveau type a fonctionné sous 100 volts à 10 000 ohms de résistance, ce qui fait une dépense continue de 1 watt, soit 0,24 hectowatt-heure par jour ou 87,5 hectowatts-heure par an, et si l'on évalue à 0,06 *f* le prix de production de l'hectowatt-heure, il s'ensuit que ce compteur ne dépense que pour 5 *f* de courant par an. La dépense du moteur est elle-même excessivement faible et proportionnelle au courant enregistré, et est, pour la marche maxima, de 4 watts.

Si nous considérons un compteur de puissance de 4000 watts, la dépense du moteur est donc d'environ 1/1 000e du courant à enregistrer, quantité absolument négligeable.

La dépense du Thomson, ainsi que nous l'avons vu plus haut, est dix fois plus forte.

Comme exemple de sensibilité de l'appareil, on peut dire qu'un appareil destiné à une installation de 1 000 lampes commence à tourner pour une lampe. Un compteur de 2 000 ampères commence à tourner pour un débit de 2 ampères, soit le 1/1 000e de la puissance maxima de l'appareil.

D'ailleurs, d'après des expériences faites par M. Preece, directeur du General Post Office de Londres, le plus faible courant du départ d'un compteur de 10 ampères, soumis aux essais, a été de 0,0118, c'est-à-dire le 1/1 000e de la puissance maxima de l'appareil.

Aux avantages signalés précédemment il y a lieu d'ajouter que ce compteur Brillié, mod. 91, fonctionne également avec des courants alternatifs, ce qui se comprend facilement, puisque le couple produit par l'électrodynamomètre est fonction de produit des courants qui circulent dans les bobines de l'électrodynamomètre et que ces courants changent de sens en même temps dans les deux bobines. Il n'y a donc que la question du moteur qui se trouve résolue par un enroulement spécial de l'inducteur.

En un mot, l'appareil de M. Brillié semble combler la lacune que j'ai signalée au début de cette communication relativement au manque de compteur pratique pour l'industrie électrique, et remplit bien les conditions requises de sensibilité, exactitude dans les indications, proportionnalité et sûreté de démarrage pour les faibles courants.

MÉMOIRE

SUR

LA NAVIGATION A GRANDE VITESSE

PAR

J. GAUDRY

Environ tous les dix ans, le public qui fait usage des voies de transport et les industriels qui les exploitent, sont pris d'une sorte de fièvre d'accélération des vitesses. Puis elle se calme jusqu'à nouvel ordre : quelques Compagnies heureuses s'élèvent sur les ruines des autres ; un progrès manifeste s'est accompli ; ce qu'on croyait un rêve s'est fait ; le public est satisfait pour un temps sans qu'il s'inquiète des victimes de cette concurrence effrénée.

La navigation passe en ce moment par une des crises : c'est parmi les armateurs et les amirautés une émulation sans exemple de construction de navires rapides, d'une puissance formidable et d'un luxe inouï.

Quel sera l'avenir de ces villes flottantes pouvant porter près de 2 000 âmes ? Auront-elles un trafic en raison de leurs frais d'exploitation, condition sans laquelle il n'y a pas d'industrie pratique et durable ? Peu importe au public, nous le répétons. On veut aller de plus en plus vite, coûte que coûte : il faut que les Compagnies se soumettent, sous peine de voir déserter leur pavillon ; de même que les amirautés pour la marine de guerre, sous menace de voir la nation en état d'infériorité dangereuse.

Je me propose d'étudier : 1° les caractères du paquebot à grande vitesse ; 2° ce que coûte la grande vitesse en l'état actuel de l'art naval ; 3° ce qu'on peut espérer, plus ou moins prochainement, des nouveaux engins proposés pour remplacer la puissance propulsive en usage, s'il est vrai qu'on ne puisse lui demander plus qu'elle ne donne aujourd'hui.

Cette étude sera limitée à la marine commerciale, à celle que les Anglais appellent la *flotte auxiliaire de la marine de combat* en cas de guerre et qu'ils construisent pour être immédiatement mobilisée et armée, au besoin, d'une artillerie respectable.

D'où il suit que son intérêt national est aussi grand que celui de la marine de guerre proprement dite. Aussi est-elle chez presque toutes les nations un objet de protection et d'affection populaire qui ne permet pas plus contre elle les attaques et critiques injustes, que nous ne les permettons en France contre nos armées.

Nous ne nous occuperons dans cette étude, qu'incidemment de la marine militaire, non seulement parce qu'elle a ses lois spéciales, mais parce qu'il est très difficile aujourd'hui d'interroger les amirautés, partout fort mystérieuses, et qu'il ne serait pas possible de décrire le *navire type* au milieu de la variété des systèmes. Les progrès sont si rapides, si ardente est la lutte entre les inventions offensives et défensives que, disait un maître de l'art naval, un vaisseau est à peine construit qu'il est déjà presque démodé et qu'on devra faire autrement le prochain navire à mettre en chantier. Il ajoutait que le navire ayant le dernier mot du perfectionnement au *moment psychologique* aurait peut-être, à lui seul, raison de toute une flotte ennemie, et qu'il déciderait la bataille navale.

Le navire de guerre rentre d'ailleurs dans l'ordinaire, pour l'instrument de sa propulsion rapide qui nous occupe; avec cette différence toutefois, qu'il ne donne sa grande vitesse, la plus grande possible, que dans des circonstances exceptionnelles et de durée relativement courte; au jour de l'action, pour attaquer ou pour se dérober à une poursuite. En circonstance ordinaire, en marche d'escadre, il soutient une vitesse beaucoup moindre. Le navire de guerre est à *grande vitesse intermittente ;* ce qui oblige à diviser sa puissance propulsive, pour utiliser ses parties indépendantes les unes des autres; principe nécessaire aussi à d'autres points de vue. Le paquebot commercial, à service rapide de passagers, se caractérise au contraire par sa grande vitesse soutenue en marche courante durant toute la traversée à l'aide de tous ses moyens.

I.

Les paquebots à grande vitesse.

Depuis quelques années, la marine a mieux classé son matériel de navigation : On distingue, avec des différences caractéristiques, le cargo-boat ou navire à fret, le paquebot express ou à grande vitesse, et, entre deux, le paquebot mixte à toutes fins, dont la flotte de notre Compagnie des *Chargeurs réunis* et jusqu'ici la *Compagnie Hambourgeoise* offraient les types par excellence.

Les cargo-boats, qui correspondent aux trains de chemins de fer dits de marchandises à petite vitesse, sont parfois d'anciens navires démodés qui ont eu leur gloire (1) et achèvent de servir comme des vainqueurs du Derby finissent chevaux de fiacre. Mais le cargo-boat bien construit pour sa destination est, dans ses formes pleines et ramassées peu agréables à l'œil du marin, une très intéressante réunion d'installations simples et pratiques, propres à économiser et accélerer toutes manutentions et manœuvres, avec le personnel le plus réduit. Aussi l'ancien matériel naval non perfectionné est-il dans l'impossibilité de tenir sa place dans la concurrence.

Le paquebot mixte, à vitesse de 12 à 14 nœuds, a son analogue dans les trains omnibus et semi-directs des chemins de fer. Ce sera toujours le gros effectif d'une flotte commerciale. Une Compagnie ne possédant que des paquebots à grande vitesse ressemblerait à un chemin de fer n'ayant que des trains de luxe comme ceux de Paris à Nice : on sait à quelles onéreuses conditions de trafic.

C'est en cela que l'Angleterre s'affirme avec un désespérant avantage dans la concurrence internationale. Sur toutes ses lignes elle a de nombreuses Compagnies de navigation ; elles ont *deux au plus*, et souvent *un seul*, de ces paquebots grands rapides mis en service *coûte que coûte*, qu'ils appellent *crack ship* ou *bateau-réclame*, lesquels sont encadrés dans toute une flotte à service rémunérateur, comme les chemins de fer ont leurs trains de luxe dans l'ensemble du service courant. Mais les Compagnies ont

(1) Les membres de la Société des Ingénieurs Civils qui ont pris part au voyage de Bruxelles-Anvers se rappellent un magnifique voilier quatre mâts, où notre camarade Mallet a reconnu le célèbre *Adriatic*, l'ancien steamer américain de première classe, dont le souvenir est resté au Havre.

entre elles sinon un syndicat, du moins une entente plus ou moins conclue pour faire partir leur paquebot principal tour à tour; en sorte que, parfois chaque jour le pavillon britannique peut offrir un départ rapide à son intarissable clientèle.

Les marines rivales des autres nations n'ont ordinairement sur la même ligne qu'une seule Compagnie obligée de posséder toute une flotte de ces mêmes paquebots rapides, pour avoir d'assez fréquents départs, prenant ainsi toute la charge que les Anglais répartissent entre leurs diverses Compagnies.

Les grands rapides de la navigation étaient encore, il y a peu de temps, ces splendides navires à 15 nœuds (28 *km* à l'heure en nombre rond) dont les types sont: le *Britannic*, la *City of Rome* et l'*Alaska* en Angleterre; l'*Alphonse XII* en Espagne; le *Fulda* et l'*Hammonia* en Allemagne; et *la Normandie* en France. Puis sont venus les paquebots anglais de la Compagnie Cunard: *Etruria*, *Umbria* et *Orégon*, ainsi que nos quatre grands paquebots français: *Bretagne*, *Champagne*, *Bourgogne* et *Gascogne*, construits pour une vitesse de 16 nœuds, mais donnant beaucoup plus dans des conditions économiques inespérées, ainsi qu'on le verra.

Ils ont sans doute exaspéré les concurrents en obligeant les Compagnies françaises à de nouveaux sacrifices, pour ne pas rester en arrière. Aujourd'hui, l'Angleterre, l'Allemagne et la France se font sur les lignes d'Europe à New-York une concurrence plus acharnée que jamais, avec de nouveaux paquebots à deux hélices et double machine, d'un luxe, de dimensions et puissance inconnus encore, qui réalisent à l'occasion une vitesse de 20 nœuds (37 *km*) à l'heure, ce qu'on regardait il y a peu de temps comme un rêve. On projette déjà des vitesses de 22 nœuds en service courant. On y est presque arrivé dans les essais de réception.

La *Compagnie Hambourgeoise* possède quatre de ces nouveaux paquebots rapides et d'énorme puissance, dont deux construits aux chantiers allemands. La *Compagnie Brémoise* va en posséder pareillement quatre, nouvellement construits, mais avec *une seule hélice.*

Deux Compagnies anglaises ont chacune deux immenses paquebots d'une rapidité à désespérer toute concurrence. Comme nombre de paquebots de grande vitesse, l'Angleterre n'a, en ce moment, que la moitié de l'Allemagne; mais de nouvelles constructions sont en chantier, avec la volonté, et le point d'honneur national, de ne laisser, coûte que coûte, la supériorité à aucune autre marine.

En France, nous avons *la Touraine*, en attendant les autres

paquebots dont les plans sont dressés. Heureusement, les quatre paquebots type *Bretagne* et *Bourgogne* ont dépassé de beaucoup les espérances, et ils continuent notoirement à composer, avec *la Touraine*, une flotte postale digne de la France.

L'Océan n'a plus le privilège de la navigation à très grande vitesse. Pour ne parler que de la France, elle a dans la Méditerranée la ligne d'Alger à Marseille, où ces deux villes sont mises à vingt-six heures et parfois à vingt-trois heures de distance par des paquebots également de construction française, longs de plus de 100 *m* et puissants de 4 000 *ch*.

Le Pas-de-Calais se traverse avec une rapidité inconnue jusqu'ici, par le *Calais-Douvres* et ses pareils, bateaux à roues, à deux étages, longs de 100 *m* sur largeur de 11 *m* au pont, 20 *m* hors roues ; et puissants de 6 000 *ch* indiqués.

Dans la Manche, notre Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest vient d'ajouter à sa flottille du service de Dieppe à Newhaven, un douzième paquebot, la *Seine*, de construction française, sur les études de M. Delaitre, Ingénieur de la marine, au service de la Compagnie. Il est comme les grands paquebots, à deux hélices et machines jumelles ; c'est peut-être le plus rapide de la marine commerciale.

Ces résultats sont bien surprenants pour ceux qui se souviennent que la France ne possédait, il y a quarante ans, ni un paquebot de long cours, ni même un port pouvant recevoir celui-ci. Au Havre, le paquebot américain, qui venait une fois par mois, ne pouvant entrer dans aucun bassin, stationnait au fond de l'avant-port en une cuvette creusée à la drague pour le maintenir à flot à marée basse. On mettait plus d'une heure pour l'entrer et le sortir, en le halant aux câbles, sur lesquels tiraient 200 hommes le long des jetées.

Le tableau suivant donne les dimensions comparées des quatre types de nouveaux paquebots à deux hélices qui constituent en ce moment l'outillage de premier ordre de la navigation à grande vitesse, savoir : la *Touraine*, la *Normannia*, la *Teutonic* et la *City of Paris*. Il convient d'y joindre 1° la *Seine*, également de premier ordre pour sa vitesse et à deux hélices, mais très intéressante comme type de moindres dimensions, communes à toute une classe de bâtiments de guerre ; 2° la *Sprée*, comparable aux paquebots de premier ordre par sa puissance et sa vitesse, mais de dimensions moindres et ayant pour propulseur *une seule hélice*. A la suite du tableau viendront les notes complémentaires.

Tableau comparatif des Paquebots à grande vitesse.

DÉSIGNATION	TOURAINE	NORMANNIA	TEUTONIC	CITY OF PARIS	SEINE	SPRÉE
Longueur extrême	163,35 *m*	158,50	177,40	170,68	85	147,82
— à la flottaison	157,45	152,40	172,20	160,77	82	141,10
Largeur au maître-bau	17,12	18,30	17,60	19,27	9	15,89
Creux sous spardeck	11,80	12,16	12,85	13,10	4,80	11,58
Tirant d'eau en charge	7,20	»	8	8	2,80	»
Déplacement correspondant	11.683 *tx*	»	17 000	18 800	1 012	»
Gréement-mâture	3 goél.	2	3 goél.	3 { 1 carré / 2 goél.	2	»
Nombre de cylindres	6	6	6	6	6	5
Diamètre des cylindres.... Haute pression	1,04 *m*	1,016	1,097	1,125	0,620	0,965
Diamètre des cylindres.... Moyenne pression	1,54	1,701	1,727	1,890	0,910	0,965 1,874
Diamètre des cylindres.... Basse pression	2,54	2,770	2,792	2,900	1,400	2,500 2,500
Course des pistons	1,66	1,676	1,524	1,524	0,650	1,83
Nombre de tours par minute	75	»	89	91	196	72
Pression de vapeur	10 *kg*	11,35	12,70	10,50	11	12,50
Puissance indiquée; maximum	12 000 *ch*	16 300	18 000	20 750	4 350	12 762
Vitesse maxima	19,54 *m*	21	20,18	21,80	21,40	20,10
Nombre de chaudières simples	3	0	4	0	6	6
— doubles	6	9	12	9	0	4
Nombre de foyers	45	54	64	54	18	48
Surface de grille	108 m^2	134	154	137	31,20	104
Surface de chauffe	3 125	4 325	3 806	4 650	903	3 454
Nombre de cheminées	2	3	2	3	2	2
Diamètre des cheminées	3,20 *m*	»	Ev. { 4,57 / 3.37	»	»	»
Hélices. Nombre d'ailes	3	3	3	3	4	4
— Diamètre	6 *m*	5,80	6,53	5,50	2,75	6,57
— Pas moyen	8,76 *m*	8,66	8,66	8,70	3,70	9,54
— Diamètre d'arbre	516 *mm*	520	558	516	»	»

Suivent les notes complémentaires du tableau.

1° La *Touraine* est connue suffisamment par les publications de toutes sortes dont elle a été l'objet : par celle avec planches de M. Guérin du Litteau, au journal le *Génie civil*, tome XIX^{e}; par la communication de notre Vice-président M. Jousselin à la séance du 6 juin 1891 ; par l'inauguration au Havre à laquelle avaient assisté un grand nombre de membres de la Société des Ingénieurs Civils et par le Panorama du Champ-de-Mars.

Aux essais officiels, sans le tirage forcé et sans aucun surmenage, on a réalisé 19 nœuds et demi pour une puissance de 11 400 *ch* indiqués, à l'allure de 75 tours d'hélice.

Au voyage de Saint-Nazaire au Havre, d'abord par beau temps, puis par assez forte houle, les 435 milles de distance ont été parcourus en 20 heures et demie.

Soit une vitesse moyenne $\frac{435}{20,30} = 21,20$ nœuds; mais pour rester dans la vérité, il faut dire que des courants se sont ajoutés à la puissance motrice, et M. Jousselin n'a pas omis d'en tenir compte. En retranchant leur action, il est resté comme vitesse propre de sillage 19 nœuds pleins à tirage naturel des feux, et à l'allure moyenne de 75 tours; avec lesquels les mouvements de la machine ont été très doux, les trépidations nulles et le sillage du navire remarquablement exempt d'ondes tumultueuses. Ont été également constatées, les qualités nautiques, la stabilité et les facultés si importantes de gouverner et d'évoluer.

La *Touraine* a fait ensuite sa première campagne de cinq doubles voyages entre le Havre et New-York. Les relevés quotidiens ont donné à chaque voyage au moins une journée à vitesse moyenne de 19 nœuds passés.

Celle des vingt-quatre heures, du 25 au 26 juin, est 19,34 nœuds. Le temps total du voyage avait été de 7 jours 5 heures à l'aller et 7 jours 9 heures au retour ; traversée non exceptionnelle, qui s'est renouvelée plusieurs fois et qu'il ne faut pas confondre avec les traversées plus courtes, il est vrai, de concurrents étrangers, qui ne les comptent pas, des mêmes points de départ. Les quatrième et cinquième voyages sont particulièrement à noter : ils se sont effectués par tempêtes, où le navire s'est bien comporté et où la vitesse moyenne de traversée est restée 17 nœuds et 17 nœuds et demi, résultat dont on peut se féliciter sans trop d'indulgence, eu égard aux circonstances.

Après son chômage d'hiver qui a permis de refaire les retouches

presque toujours nécessaires dans un navire neuf, la *Touraine* vient de reprendre son service. Dans la double traversée qu'elle vient de faire par mer presque tout le temps houleuse, la vitesse s'est généralement maintenue, à l'allure moyenne de 73 tours d'hélices à la minute, entre 18 et 19 nœuds. Deux jours de la traversée d'allée ressortent à plus de 19 nœuds.

La *Touraine* est encore trop nouvelle pour avoir donné le dernier mot de sa vitesse et de son service. Il est d'expérience qu'il faut à un navire au moins une année de campagne, au cours de laquelle il y a d'inévitables corrections à faire dans cette immensité de pièces et d'organes mécaniques dont se compose un pareil édifice naval subissant de très grands écarts de température, des dilatations ou retraits et des coups de mer dépassant 40 000 *kg* de pression par mètre carré de surface, suivant les évaluations de l'amiral Labrousse.

Puis quand le navire *a fait son jeu*, comme toute construction neuve, et qu'il s'est bien *mis au point*, il fournit un long service comme le *Labrador*, de la Compagnie générale transatlantique, qui a navigué neuf ans sans autres réparations que celle de l'entretien courant, et beaucoup d'autres qu'on pourrait nommer (1).

C'est même une bonne pratique de ne pas trop prolonger cette première campagne avant retouche et ne pas laisser s'aggraver outre mesure les imperfections et effets du travail. Il est rare qu'un paquebot ait du premier coup sa pleine réussite, et, disons-le pour l'encouragement des constructeurs, certains navires, aujourd'hui très réputés ont été appelés des *loups* au début de leur service.

Ce n'est notoirement pas le cas de la *Touraine ;* mais elle avait le défaut plus ou moins commun à tous navires à vapeur à triple expansion et à pression initiale très élevée : celle-ci engendre, surtout dans les chaufferies, une chaleur intense très pénible pour les chauffeurs empêchés ainsi de donner au feu

(1) Nous ne disons là rien qui ne soit bien connu en toute industrie, notamment pour les locomotives, qui rentrent aux ateliers après 50 000 *km* de parcours au plus, et restent ensuite plusieurs années en service. Nous n'apprenons non plus rien aux praticiens en ajoutant qu'il y a des pièces déformées et allongées par les trépidations, secousses et effets de chaleur, qui ne reviennent plus à leur premier état, et qui ont besoin d'être ajustées de nouveau. La déformation permanente par dilatation à la grande chaleur a été assez constatée notamment après incendie, en 1871, à Paris, où les traverses métalliques des fenêtres des Tuileries et du Louvre, après avoir été visiblement chauffées, même probablement non jusqu'au rouge, sont restées fléchies et arquées entre les murailles où elles étaient scellées et qui avaient résisté. Aux forges de *Cavé*, on a eu en toutes machines et dans des bateaux de nombreux exemples de ces déformations obligeant au réajustage, notamment l'allongement très sensible de chaudières cylindriques longues de 20 *m*. Rien du moins ne gêna ces effets sur les tasseaux d'appui ; le cas avait été prévu.

l'activité et ces soins de détail qui importent au rendement des chaudières. Aujourd'hui cette chaleur est très supportable par suite des modifications opérées assez facilement. Néanmoins, la *Touraine* est encore à peine *mise au point*, bien que son commandant, M. Frangeul, ait la réputation d'exceller dans l'art de *mettre au point* un navire. Mais ce qui est dès à présent établi est que, pour les qualités nautiques, d'évolution, d'obéissance au gouvernail et de tenue à la mer, la *Touraine* a fait ses preuves décisives, par les plus mauvais temps et les plus extrêmes écarts de saison.

En attendant deux nouveaux paquebots projetés, restent en service avec la *Touraine* sur la même ligne, les quatre du type *Bretagne*, plus la *Normandie*, à laquelle s'ajoutera la *Navarre*, du même type, en construction. Ces navires ont remarquablement dépassé les promesses de leur premier programme et l'utilisation de la puissance motrice sur laquelle on compte ordinairement. Ceux du type *Bretagne*, auxquels on ne devait demander que 16 nœuds, ont leur moyenne en traversée normale entre 17 et 18 nœuds, avec des journées de plus de 18,50 nœuds. La *Gascogne* a fourni 19,20 nœuds dans la journée du 21 au 22 novembre 1891. La *Normandie* elle-même, construite pour vitesse de 15 nœuds, en fournit généralement 16 et plus; elle a donné 17,24 nœuds dans la journée du 27 au 28 février 1892.

Si nous passons dans la Méditerranée, nous trouvons pareillement des résultats de service inespérés.

Les anciens paquebots type *Moïse* transformés au système de la triple expansion, ou bien ont passé de la vitesse de 13 nœuds en celle de 15 nœuds avec même dépense de charbon, ou bien ont réduit notablement celle-ci avec leur ancienne vitesse.

L'auteur de cette étude vient d'étudier l'un des nouveaux paquebots rapides de la ligne d'Alger, *le Chanzy*, sur lequel il lui a été permis de voir relever les diagrammes de la puissance motrice prouvant la bonne utilisation de celle-ci; la traversée des 417 milles directs s'est faite en vingt-quatre heures quatre minutes, de phare en phare, compris la perte avant la pleine mise en route au départ et le ralentissement obligé à l'arrivée. Il y a eu des traversées plus courtes encore, correspondant à des vitesses se rapprochant de 18 nœuds qui ont été dépassés aux essais; et ce qui est remarquable, c'est que le paquebot, aussitôt livré par les ateliers, a pu être mis d'emblée et maintenu en service depuis trois mois sans jusqu'ici un seul accroc.

C'est donc justice de dire que toute cette nouvelle flotte, y com-

pris la *Touraine*, fait honneur à l'art naval français, à M. Daymard, Ingénieur en chef de la Compagnie, à M. Andrade, directeur des ateliers et chantiers de Saint-Nazaire, où tout a été construit à des prix modérés, qu'on n'osait pas espérer pour des ouvrages aussi soignés en matériaux de premier choix, ainsi qu'à M. Eugène Péreire, président, directeur de la Compagnie, qui l'a prise en 1875, avec vingt-quatre pauvres navires démodés, sans trafic, et lui a donné sa flotte actuelle de soixante-dix paquebots de la force collective de 173 000 *ch*, faisant dans les deux mers un trafic annuel de 300 000 passagers et un million de tonnes de fret. Ces paquebots visitent aujourd'hui plusieurs fois par mois, sinon tous les jours, une multitude d'escales avec lesquelles les relations françaises étaient parfois presque nulles et qui font aujourd'hui, avec nous, un commerce considérable.

2° *Normannia*. — Construite aux chantiers de Fairfield, à Glascow. — L'un des quatre nouveaux paquebots à grande vitesse de la Compagnie Hambourgeoise ; ligne de New-York *vid* Southampton, assez semblable à *la Touraine* comme dimensions, mais avec machines beaucoup plus puissantes. Les principales caractéristiques sont : les deux quilles équidistantes de l'axe; le cloisonnement très développé (numerous water tight compartiments, dit la notice) ; l'absence totale de voilure; la somptuosité des salons ; la force des ponts en tôle doublée de teack épais. La double machine, dont tous les cylindres sont *Jacketed* est, paraît-il, remarquable par ses allures douces et silencieuses. Aux essais, *Normannia* a donné comme maximum 21 nœuds par 16 300 *ch* indiqués.

Les trois autres paquebots rapides de la Compagnie, de mêmes système et puissance à peu près, avec quelques différences secondaires, sont : *Colombia*, construite par Laird, à Birkenhead; *Augusta-Victoria* et *Furst-Bismark*, tous deux construits aux chantiers Vulcan, à Stettin, d'où sont sortis les deux fameux croiseurs chinois qui désespéraient nos gros cuirassés dans la guerre du Tonkin, et le *Rugia*, modèle vu à toutes les dernières expositions, qui fut longtemps le type de la flotte hambourgeoise, composée aujourd'hui de soixante-dix paquebots, tous de la classe mixte à vitesse et puissance modérées, moins les nouveaux grands rapides. Nous avons pu visiter l'*Augusta* promenant des touristes dans la Méditerranée et recevoir sur *Normannia* les impressions d'un passager particulièrement autorisé, M. Eugène de Bocandé, chef d'un des grands services de la Compagnie Générale Tran-

satlantique, et avoir la confirmation de ce qui a été publié sur la belle construction des nouveaux paquebots hambourgeois, leur grande vitesse, la rondeur d'allure de leurs très puissantes machines et le luxe sans pareil des aménagements de 1re classe. *Furst-Bismark*, dernier construit, a une des plus belles vitesses de l'océan.

3° *Teutonic* et *Majestic*. (Voir description avec planches à *l'Engineer Journal*, 1889 et 1890.) — Harland et Wolf, constructeurs à Belfast. — Ces deux immenses navires, semblables, de la White Star Cy, ont été appelés en Angleterre les « rois de l'Océan » et ont aussi le nom populaire de *National reserve mercantile armed cruisers*. Ils sont, en effet, disposés dit-on pour porter au besoin 4 000 hommes de troupe et une forte artillerie. Ils ont été projetés dès 1880 pour *désespérer toute concurrence étrangère*. Les caractéristiques principales sont :

1° La grande longueur, avec la largeur accoutumée de 17 *m*, la finesse des formes, l'étrave un peu inclinée comme celle de *la Touraine ;*

2° Le système de la construction de la coque en tables d'acier de longueur de 7,30 *m* sur largeur de 1,80 *m*, raboutées avec sous-bandes à quatre ou cinq lignes de rivets ;

3° Le gréement est du système trois-mâts-goélette ;

4° L'aménagement, outre 4 000 *tx* de fret et 3 000 *tx* de houille, comporte 1 385 passagers, dont 855 en cabine; au plein, 1 600 âmes, dont 300 d'équipage, y compris 168 aux chaudières et machines ;

5° Dans celles-ci, les cylindres sont en fonte d'acier, non *jacketed*, enveloppés seulement d'une couche d'air chaud. Dans la notice publiée par la Compagnie, l'entourage de vapeur est dite plus souvent nuisible qu'utile, à cause des condensations ;

6° Les condenseurs, un seul dans chacune des deux machines avec deux pompes à air verticales, sont un long et gros cylindre en bronze ayant 6,10 *m* en longueur et 2,13 *m* en diamètre ; la surface condensante et les dimensions des tubes ne sont pas données, mais il est dit que la longueur des tubes alignés représente 37 *km*. En supposant les tubes au diamètre ordinaire de 15 *mm*, ce serait donc une surface condensante de 1 770 m^2.

7° Les chaudières, au nombre de seize corps, dont douze à double façade, avec deux cheminées ovales, sont remarquables par la réduction de leur diamètre, à 3,80 *m*.

8° Les notices sur le *Teutonic* donnent le relevé suivant de six

trajets d'aller et cinq trajets de retour qui ont composé la première campagne :

		Jours.	Heures.	Minutes.		Nœuds.
ALLER	1	5	21	55	— Vitesse moyenne	19,97
	2	5	19	5	—	20,18
	3	5	20	54	—	19,69
	4	5	22	19	—	19,55
	5	5	0	34	—	19,46
	6	5	23	54	—	19,34
RETOUR	1	5	21	58	—	19,34
	2	5	22	21	—	19,36
	3	5	21	20	—	19,67
	4	5	23	16	—	19,61
	5	6	10	30	—	18,31

La vitesse moyenne de l'année 1890 se serait abaissée à 18,84 nœuds, avec consommation de houille de 316 *tx* par jour. Les trajets sont comptés de phare à phare de Queenstown à Sandy-hook.

M. de Bocandé, précité, revenu en Europe sur l'un de ces deux nouveaux paquebots, par temps des plus mauvais, a pu en faire une décisive étude et avec sa haute compétence il les considère comme des types remarquablement réussis dans leur installation un peu sévère, mais des mieux entendues. Sont surtout à noter : la hauteur des plafonds à tous les étages, l'excellente disposition des cabines surtout en 3e classe ; l'aération aujourd'hui parfaite, l'étonnante propreté particulièrement aux machines, où on pourrait se croire dans un musée. La traversée si orageuse de M. de Bocandé s'est effectuée à vitesse moyenne de 18,58 nœuds, pour 17 000 *ch* indiqués et 79 tours d'hélice à la minute avec consommation de 310 *t* de houille par jour.

Ces deux immenses navires de la White Star Cy sont doublés jusqu'à nouvel ordre, dans leur service rapide, par le *Britannic* et le *Germanic*, pareillement construits à Belfast, qui ont eu leur célébrité. Ils sont du même type que *la Normandie*, de la Compagnie Générale Transatlantique, mais avec machines Wolf à deux paires de cylindres en tandem, de Maudslay, dont nous avions les similaires dans *le Labrador* et ses pareils de la même Compagnie Générale Transatlantique, avant leur transformation actuelle en triple expansion par la différence des deux cylindres supérieurs.

4° *City of Paris* et *City of New-York* (1), les deux nouveaux paquebots de la Compagnie Inman, non les plus longs, mais les plus larges et les plus puissants des marines commerciales. — Constructeurs : Tompson, Clyde bank, à Glascow (2). (Voir description aux Chroniques de M. Mallet, Bulletin de la Société des Ingénieurs, 1879 et 1880, ainsi que la plupart des publications maritimes de ce temps.

Les caractéristiques principales sont :

1° Forme élégante avec étrave à guibre, ancien type classique, auquel Inman est presque toujours et presque seul resté fidèle.

2° Largeur inusitée de près de 20 *m*; division du double fond complet en quinze waterballast et du navire par quatorze cloisons transversales élevées jusqu'au *uperdeck*.

3° Dans la coque sont entrées, dit la notice, 30 000 pièces principales d'acier fondu ou forgé de provenance écossaise, pesant 7 *t* chacune, éprouvées au pliage et à l'élasticité par les agents du *Lloyd register* et *Carefully treated for prevent corrosion*. Par quel système? Est-ce simple peinture avant la pose, ou par zincage à l'immersion, comme en notre marine militaire?...

4° Le gréement, avec trois cheminées, est du système trois-mâts-goélette, dont la misaine a trois voiles carrées, le tout du type le plus complet et le plus puissant.

5° Les neuf corps doubles de chaudière, en trois boxes distinctes, avec leur cheminée respective, ont en tout douze ventilateurs Tangye à diamètre de 1,65 *m*, soufflant les feux, et une multitude d'alimenteurs Worthington envoyant aux chaudières l'eau préalablement chauffée à 135°, dans le but principal d'éviter les retraits par refroidissement des tôles. Chaque corps de chaudière a 1 056 tubes de D = 0,06 *m*.

6° Une des nombreuses publications descriptives nous fournit les dimensions complémentaires qui suivent :

(1) Ne pas confondre avec les paquebots antérieurs de même nom que la vieille Compagnie Inman a eus en service.

(2) Thompson, constructeur attitré de la Compagnie Cunard, a fourni à nos Compagnies françaises plusieurs de leurs beaux paquebots, notamment *le Saint-Germain*, de la Compagnie Générale Transatlantique.

	Diamètre.	Poids.
Grand cylindre, basse pression (1), diamètre extérieur)	3,00 *m*	45 *tx*
Piston, diamètre extérieur	2,90	10
Tige, —	0,30	3
Bielle motrice	0,35	10
Arbre à trois coudes	de 0,51 à 0,56	14
Table de fondation en trois pièces	»	48
Montants en A portant les cylindres	»	6
Nombre de chevaux par mètre carré de grille		147 *chx*
Nombre de chevaux par mètre carré de chauffe		4,45 *chx*
Houille brûlée par mètre de grille (service ordinaire)		90 *kg*
Houille brûlée par cheval-heure (service ordinaire)		0,613 *kg*

7° Pour la distribution de la vapeur aux cylindres, il y a des tiroirs cylindriques à valve-piston, tous de même diamètre, pour simplifier les rechanges, mais en nombre gradué, savoir : un à la haute pression, deux à la moyenne et quatre à la basse pression; en tout, dans les deux machines jumelles, 14 distributeurs à tiroir.

8° Tous les cylindres sont *jacketed*, enveloppés de vapeur, le premier avec celle qui vient des chaudières, les deux autres avec la vapeur d'émission du cylindre précédent.

9° Chacune des deux triples machines a un seul condenseur, gros corps cylindrique horizontal, indépendant et non solidaire avec le reste de la machine comme, en général, dans notre amirauté française.

10° Pour le service électrique, quatre dynamos à 800 tours sont actionnées par quatre machines à vapeur verticale de 200 *chx*.

11° La puissance motrice ordinaire donne 18 000 *chx* indiqués pour la vitesse de 19 nœuds comme moyenne de vitesse. Elle a été poussée jusqu'à 20 753 *chx* avec tirage forcé à l'allure de 91 tours d'hélice pour une vitesse de 21 nœuds 45.

D'après les notices publiées, la plus belle traversée du *City of Paris*, en mai 1891, aurait donné ce qui suit au détail :

(1) C'est l'un de ces grands cylindres à basse pression qui s'est brisé par des causes assez peu connues, dans l'accident du 25 mai 1890. (Voir Chronique Mallet, 1890, vol. I, p. 654.)

3 mai.	Milles parcourus.	445		
4 —	—	492		
5 —	—	504		
6 —	—	505	Moyenne. . . .	19,95 nœuds
7 —	—	511	Maxima du 7 mai	21,29 —
8 —	—	498		
	TOTAL. . milles	2 955		

Une traversée de juin, à vitesse plus uniforme et soutenue, aurait donné la moyenne de 21 nœuds 45 avec 88 tours d'hélice par minute, 126 720 tours par jour et 760 320 pour tout le voyage. Quelle consommation de houille ? On a su seulement qu'un autre voyage, à la moyenne de 19 nœuds 02, a consommé 382 *t*. C'est beaucoup, et l'on était sans doute, lors de ce voyage, dans de médiocres conditions puisque, lors de la traversée relatée précédemment, avec un développement de 20 753 *chx* on a consommé, par cheval-heure, seulement 0,613 *kg* de combustible, soit 305 *t* par jour au lieu de 382 *t*.

12° La construction de ces deux immenses paquebots se serait faite avec une rapidité extraordinaire, à raison de 100 *t* de matières posées en place par jour. Le premier, mis en chantier en juin, a été lancé au mois de mars de l'année suivante : 9 mois.

Avec ses deux nouveaux paquebots, la Compagnie Inman maintient en service les *City of Berlin*, *City of Chicago*, *City of Chester* et *City of Richemond*, tous de grandes dimensions et belle marche, ayant comme particularité leurs formes très fines et très élégantes, avec étrave guibrée, sauf une exception, et leur très puissante mâture : trois mâts pour *City of Berlin*, quatre mâts pour les trois autres.

5° *Seine*. — Petit paquebot de 1 000 à 1 100 *tx*, comparable à ceux qui précèdent par ses deux hélices et sa très grande vitesse ; le douzième de la flotille de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, pour le service de Dieppe à Newhaven, étudié par M. Delaitre, ingénieur de la Compagnie, et construit au Havre. Les formes du bateau sont celles d'un torpilleur avec son arrière en sphère, sa quille relevée et son avant couvert d'une longue teugue ; mais un torpilleur plus qu'habitable, ayant des salons vastes, luxueux, avec hauteur de 3 *m* sous plafond et un aérage ci-après décrit qui est une des caractéristiques de cet intéressant navire à trois étages, y compris le pont-promenade, avec ses superstructures ordinaires.

La vitesse a atteint près de 22 nœuds dans une expérience. Aux essais officiels elle a été de 21 nœuds 40 avec 4 350 *chx* indiqués à l'allure de 196 tours d'hélice.

Le parcours de 65 milles marins en moyenne est effectué couramment en trois heures et demie, soit une vitesse de 18,25 nœuds et parfois en trois heures dix, ce qui correspond à 20,31 nœuds.

Les deux machines jumelles indépendantes à triple expansion sont caractérisées par leurs tiroirs plats, leur très haute pression initiale et leur grande rapidité d'allure. Construites en vue d'une force motrice de 4 000 *chx* indiqués, elles ont pu donner près de 4600 *chx*. Les six corps des chaudières simples, en deux groupes, alternent dans leur chambre, avec les soutes emplies à chaque traversée. Les deux cheminées très grosses sont à double enveloppe avec espace annulaire prolongé presque jusqu'au couronnement. C'est une cheminée d'appel, concentrique à la cheminée proprement dite des foyers. A sa base, la cheminée d'appel débouche au-dessus de la chaufferie directement et y aspire énergiquement l'air chaud, remplacé par l'air frais descendant des manches à vent. La température des chaufferies est ainsi très supportable.

Dans la cheminée proprement dite débouche le jet d'air énergiquement envoyé par un ventilateur aspirant l'air vicié du salon, lequel est assaini ainsi très efficacement quand le gros temps oblige à clore les claires-voies ; les chaudières fonctionnent donc à tirage forcé ; non par *soufflage* sur les grilles des foyers comme dans les autres paquebots comparés au tableau, mais *par aspiration* de la cheminée comme dans les locomotives.

Les chaudières accessoires, boite à fumée et cheminée comprises, pèsent 216 *t* ; le poids des machines, ligne d'arbre, ventilateurs, etc., est de 150 *t*. En tout, 366 *t*, soit 91 *kg* par chacun des 4 000 *chx*. A l'allure de 196 tours d'hélice la vitesse du piston est de 4,23 *m* par seconde.

Avec *la Seine*, la Compagnie de l'Ouest a en service cinq autres beaux paquebots à roues de 1 500 à 2 700 *chx* et six cargo-boats de 800 à 1 700 *chx*.

6° La *Sprée* (Elder, constructeur à Glasgow), l'un des nouveaux paquebots à grande vitesse de la Compagnie allemande de Brême, *Norddeutscher Lloyd*, est caractéristique en ce qu'elle a les dimensions des types *Normandie* et *Britannic avec une seule hélice* et un seul groupe de machines ; tout en ayant la considérable puissance motrice et la vitesse des grands paquebots actuels.

La *Sprée* et le *Havel*, son pareil, ont cinq ponts, douze cloisons solidement armées contre la charge d'eau, un double fond cloisonné en waterballast, et seulement un équipage de 240 hommes, officiers compris.

La machine à triple expansion a une disposition spéciale : cinq cylindres. On a imprimé que celui de la haute pression et les deux de la moyenne pression sont de même diamètre, ces deux derniers recevant ensemble la vapeur d'émission du premier. La disposition réelle de ces cinq cylindres serait, paraît-il, deux cylindres à haute pression et élevés en tandem sur les cylindres à basse pression et entre deux un seul cylindre à moyenne pression, aux diamètres indiqués au tableau ci-dessus.

On remarquera la course du piston de 1,83 *m* qui particularisait déjà l'*Aurania* et ses pareils de la Compagnie Cunard ; la pression de la vapeur égale 12 à 13 *kg* ; le pas d'hélice allongé à 9,50 *m* et la puissance du gréement à quatre mâts, dont deux à voiles carrées. Les chaudières sont en deux groupes en boxes distinctes avec deux très hautes cheminées pour le tout.

Aux essais, le maximum de vitesse a été de 20,10 nœuds ; la moyenne a donné 19,60 nœuds avec 13 000 *chx* indiqués à l'allure de 70 tours d'hélice à pas très allongé.

Le douzième voyage de Southampton à New-York a duré 6 jours 21 heures, correspondant à la vitesse effective moyenne de 18,54 nœuds. En service courant la traversée se fait en moins de sept jours et demi. Le journal l'*Engineering* d'avril vient de donner la description de la *Sprée*.

La flotte de la Compagnie Brémoise, composée de dix paquebots, la plupart de 6 000 à 8 000 *chx*, en outre de ceux de 12 000 *chx*, comme la *Sprée*, effectue par semaine plusieurs départs de Brême, et constitue avec la Compagnie Hambourgeoise un effectif de quinze paquebots de premier ordre toujours préparés comme auxiliaires de la marine de guerre.

II

Caractéristique des paquebots à grande vitesse.

Comparée dans son ensemble, la nouvelle marine à grande vitesse est caractérisée par les particularités qui suivent, savoir :

Les résultats du service ; les dimensions et leur rapport ; le cloisonnement ; l'armement et le gréement ; l'appropriation mili-

taire ; l'aménagement et l'aération ; l'arrimage ; la machinerie auxiliaire ; la machinerie propulsive.

1° Résultats du service. — Les trois faits dominants des nouveaux services maritimes postaux sont : la rapidité, la régularité des traversées et l'activité des manœuvres.

La vitesse en marine, sur laquelle on base des comparaisons, a d'abord besoin d'être précisée. Il y a celle des essais de réception sur un parcours de quelques milliers de mètres, consciencieux assurément, et ne se prêtant, en France, à aucun surmenage, mais qui est obtenu, naturellement, en réunissant toutes les meilleures conditions de marche. Il y a la vitesse plus ou moins à outrance, coûte que coûte, des expériences. Il y a la vitesse des traversées servies aussi par toutes les meilleures circonstances : belle mer, bon vent arrière, et perfection du navire. Par contre, il y a les traversées par gros temps, vent contraire et mauvais état du navire à machine déréglée ou mal conduite, à carène encroûtée, avec excès de charge et de tirant d'eau. Il y a la question des courants, que M. Jousselin n'a pas oublié, dans sa communication sur *la Touraine*, et sur lesquels le Prince de Monaco vient de présenter de si beaux travaux à l'Académie des Sciences. Au temps de la navigation fluviale, ils comptaient pour 3 *m* et plus par seconde sur le Rhône que descendaient les bateaux à raison de 40 *km* par heure.

Enfin il y a la vitesse moyenne du service courant en circonstances normales et moyennes elles-mêmes. C'est celle-là qui intéresse principalement.

Or, le fait acquis à la marine est que la vitesse des principaux paquebots a mis l'Amérique du Nord à une semaine de l'Europe et Alger à vingt-quatre heures de Marseille.

Quand on compare les paquebots rapides dont la marine des divers peuples est si fière aujourd'hui, il faudrait pour les classer, l'identité des circonstances de traversée. Or, non seulement la mer a ses variations, ses calmes et ses gros temps, ses courants, ses vents favorables ou contraires, ses différences de charge et du tirant d'eau, mais les points de départ et d'arrivée ne sont pas les mêmes. Du Havre à New-York, la distance moyenne est 3 150 milles marins. Les paquebots anglais comptent leur traversée de Queenstown avec différence de 310 milles à leur avantage. Les Allemands comptent de leur escale à Porsmouth. Enfin ce qui est capital quand on fait la comparaison des vitesses,

c'est de ne pas prendre comme courant normal du service, les vitesses qu'on réalise exceptionnellement, ainsi qu'il vient d'être dit. Le *Saint-Germain* de la Compagnie Générale Transatlantique a ainsi gagné en l'un de ses voyages 36 heures sur sa traversée réglementaire de 20 jours; tandis que les meilleurs paquebots ont de grands retards avec gros temps, vent debout, défectuosités accidentelles du navire ou de ses provisions de route.

Dans la réalité actuelle on peut dire que presque tous les paquebots qualifiés grands rapides, bien mis au point, ont donné au moins leurs 20 nœuds aux essais; mais qu'en service courant ils se tiennent entre 18 et 19 nœuds.

Il ne peut cependant pas être contesté que ceux d'entre eux qui peuvent développer dans leur marche la puissance formidable de 16 000 à 20 000 *chx* ont dépassé 21 nœuds aux essais et fournissent en service normal courant de 19 à 20 nœuds.

Ce qu'il ne faut pas omettre d'ajouter est qu'à ces vitesses prodigieuses correspondent des consommations de combustible quotidiennes de plus de 300 *t* et même de 400 *t*, chiffre avoué pour l'un de ces géants de la navigation dont on n'a évidemment pas d'intérêt à majorer les frais d'exploitation.

Le second caractère de la nouvelle navigation rapide est une régularité du service qu'on a pu comparer à celle des chemins de fer; résultat vraiment extraordinaire pour des voyages d'une semaine, inévitablement si accidentés. C'est principalement pour regagner les retards que les nouveaux paquebots peuvent disposer au besoin d'une force motrice supérieure à celle qui correspond à leur vitesse réglementaire, et qu'ils peuvent par les water-ballast régler toujours au mieux leurs lignes de flottaison.

Parmi les nombreux exemples de cette régularité, prenons celui du premier voyage de *la Touraine*.

Extrait du journal de mer du paquebot LA TOURAINE

parti du Havre le 20 juin et de New-York le 4 juillet 1894.

ALLER		RETOUR	
DÉPART A 8 H. 45 DU MATIN RELEVÉ A MIDI	Milles parcourus par jour	DÉPART A 6 H. 40 DU MATIN RELEVÉ A MIDI	Milles parcourus par jour
20 juin.	64	4 juillet	97
21 —	443	5 —	426
22 —	450	6 —	418
23 —	451	7 —	407
24 —	432	8 —	414
25 —	456	9 —	426
26 —	469	10 —	416
27 — (arrivée à 8h40 du matin).	390	11 — (arrivée à 8h45 du soir).	541
Parcours total. . .	3 155	Parcours total. . .	3 145
Traversée : 7 j. 4 h. 58 m.		Traversée : 7 j. 9 h. 39 m.	
Vitesse maxima du 25 au 26 : 19,54 nœuds.		Vitesse maxima du 4 au 5 : 18,26 nœuds.	
Vitesse moyenne : 18,35 nœuds.		Vitesse moyenne : 17,85 nœuds.	
Vitesse moyenne d'aller et retour : 18,10 nœuds.			

Tel a été le voyage de la *Touraine* traversant pour la première fois l'Océan, non sans quelques troubles au retour qui ont diminué sa moyenne. On voit d'assez faibles écarts de durée partielle et totale ; sur un parcours de 3 100 milles marins, on a si bien conservé la ligne qu'il n'y a eu que dix milles de différence. Un voyage de la *Bourgogne* en juillet-août suivant a réalisé presque l'exactitude sur toutes les données du parcours, des vitesses et des durées.

L'activité des manœuvres des nouveaux services maritimes est témoignée tous les jours par le mouvement parfois énorme qui se fait entre deux marées ; mais on vient d'en avoir au Havre un remarquable exemple dans le transbordement opéré entre les paquebots *Bourgogne* et *Normandie*, ce dernier empêché de partir par avarie subite.

La *Bourgogne* arrivée le 24 janvier à 7 h. 15 du matin est repartie le 26 suivant à 8 h. du soir. Soit 49 heures dont il faut déduire 2 heures pour entrer au bassin puis sortir, soit 47 heures de quai, pendant lesquelles la *Bourgogne* a débarqué 158 passagers et 18 945 colis ; et a embarqué, sortant de la *Normandie*, 396 passagers et 10 674 colis, plus les bagages des voyageurs, les paquets de la poste, etc. Pendant le même temps on faisait le chargement des vivres et charbon, le réglage des machines et chaudières, la

réorganisation des offices, lingerie, etc., et le règlement si laborieux des papiers.

2° **Dimensions.** — On fait aujourd'hui des voiliers de 6 000 tonneaux, portant 5 mâts. Les paquebots atteindront bientôt le fameux *Great Eastern* qui eut pour principal défaut de venir trop tôt. On ne connaît plus pour ainsi dire d'autres limites que celles voulues pour l'accès et la manœuvre dans les ports et cales de carénage. On sait combien la France est inférieure à cet égard aux principaux ports étrangers.

Le tableau ci-dessus donne les longueur, largeur et tirant d'eau des paquebots comparés.

1° La longueur à la flottaison est environ de 160 *m* pour la *Touraine* et la *Normannia*, soit le double des longueurs ordinaires il y a quarante ans et 20 *m* de plus que la *Normandie* à laquelle la *Sprée* s'assimile par exception. *Teutonic* a 172 *m* entre perpendiculaires, et 177 sur le pont ; c'est actuellement le plus long navire. *City of Paris* doit sa grande longueur totale à son étrave élancée : à la flottaison, il n'a pas beaucoup plus que la *Touraine*.

2° La largeur des trois premiers paquebots comparés au tableau, est de 17,10 *m* à 17,60 *m* au maître-bau. *City of Paris* a 19,20 *m*.

Le projet Palmer à l'exposition (1) proposait 20 *m* adoptés souvent et au delà par les grands vaisseaux de guerre. En Italie, toujours en tête pour les grandes dimensions, le cuirassé nouveau *Sicilia* a près de 23 *m* (2).

3° Le rapport de la longueur à la largeur est sensiblement 9 dans les types comparés. Nous voilà bien loin de l'ancien rapport 6 qu'on considérait comme classique à la mer, car il a dépassé 15 en rivière ; mais c'est un recul sur une tendance qui devenait assez fréquente, témoin la *City of Rome* et la *City of Berlin* où le rapport atteint 11.

4° Le rapport du volume de la carène au parallélépipède circonscrit, qui donne la mesure de l'effilement est de 0,58 dans la *Touraine*. Ce paraît être à peu près le même que celui des paquebots étrangers comparés ; nous n'avons pu nous procurer les renseignements exacts ; nous avons trouvé le rapport 0,60 très usuel dans la marine pour les paquebots à passagers de la classe mixte.

(1) C'est la maison Palmer qui installait comme succursale à Bilbao le grand chantier de navires au moment où la Société des ingénieurs a fait son excursion en Espagne.

(2) Le cuirassé *Sicilia*, d'après le journal le *Yacht* a exactement : largeur, 22,66 *m* ; longueur, 122 *m* ; tirant d'eau, 8,83 *m* ; déplacement, 13 250 *tx.* ; force motrice indiquée, 19.500 *ch* ; blindages de 0,45 *m* et 0,75 *m* ; armement principal, 28 canons, dont 4 de 0,34 *m* et 9 lance-torpilles.

C'est donc un retour relativement à ces navires d'une extrême finesse filant dans l'eau comme des flèches, mais cubant trop peu à l'intérieur, comme le *Pereire* et la *Ville de Paris*, les chefs-d'œuvre du constructeur Napier, il y a vingt ans, où le rapport de la carène au parallélépipède était 0,55. Il a existé des navires encore plus fins.

Le tirant d'eau de la *Touraine* en ordre moyen de marche est 7,20 *m*. La tendance actuelle paraît être de réduire le tirant d'eau, surtout dans la marine de guerre où il n'est pas rare de voir ne pas excéder 6 *m* dans de très grands croiseurs (1). *Teutonic* et *City of Paris* tirent 8 *m*.

6° Les formes, le *gabarit* et le système de construction sont sensiblement les mêmes dans les paquebots comparés au tableau, moins la *Seine* qui, nous l'avons dit, a des formes toutes particulières.

La même similitude a lieu dans les dimensions d'éléments; il n'y a plus de question à cet égard, puisque le tout a ses règlements du *Veritas* et du *Lloyd Register*, dont l'inobservation fait refuser la *cote* et le droit aux assurances (2). Comme variantes de forme, *Normannia* a ses deux quilles équidistantes de l'axe; *Touraine* et *Teutonic* ont leur étrave un peu inclinée par le haut; mais on ne voit plus nulle part cette avance par le bas, en façon d'éperon, comme ces paquebots du type *Ville de Brest* de la Compagnie Générale Transatlantique et autres qu'on compare dans les ports à des frégates. Enfin *City of Paris* a son avant entièrement élancé par l'addition d'une guibre en haut de l'étrave, suivant le vieux type auquel la Compagnie Inman est presque toujours restée fidèle. Sont pareillement à étrave élancée les nouveaux paquebots *Scott* et *Ophir* de la Compagnie Orientale.

7° Comme particularités de construction il y aurait à signaler les membrures en U substituées aux fers à T, l'énorme dimension des tôles d'acier qui ont jusqu'à 6 pieds de large sur 20 pieds de long. Le montage de la coque en divers chantiers commence aujourd'hui par le double fond étanche et cloisonné, avec les naissances saillantes des membrures, auxquelles on rive les montants à plusieurs lignes. Les pièces sont plus faciles de fabrication, de manœuvre et de remplacement. Le rivetage est généralement demandé à la riveuse hydraulique de Tedwell. Mais elle reste en-

(1) On ne peut oublier ces croiseurs chinois construits en Allemagne qui se dérobaient si désespérément, dans leurs rivières, à la poursuite de nos gros cuirassés.

(2) Il y a des Compagnies de premier ordre qui gardent leur liberté, et ne demandent pas la *cote* du *Veritas*. Elles s'assurent sur elles-mêmes par un fonds spécial en réserve.

core bien difficile à manœuvrer. En certains chantiers, on la promène à l'intérieur de la coque en construction, qui a, sinon ses divers étages de ponts garnis, du moins en place leurs baux et barrots sur lesquels on pose des passerelles provisoires en madriers. En Écosse où les nuits, hors celles d'été, sont si longues, on fait des installations de gaz ou de lumière électrique qui font de l'intérieur du navire en chantier un intéressant atelier. Les établissements de Napier en étaient un spécimen il y a vingt ans.

3° Le *cloisonnement* ou division du navire en compartiments étanches, en vue de localiser une voie d'eau ou un incendie était jusqu'ici assez primitif. En ces derniers temps il a été l'objet d'études dont les nouveaux grands paquebots sont l'expression.

Déjà les administrations du *Lloyd Register* et du *Veritas* avaient imposé des règles, et, suivant les dernières, il fallait une cloison étanche par chaque longueur de 27 *m* dans la coque. Aujourd'hui il se prépare en Angleterre une loi (1) *pour rendre les navires de commerce insubmersibles*, laquelle sera probablement adoptée en France.

Elle a pour principe le cloisonnement et la disposition des trouées de la coque, telles que hublots, sabords, portes de charge, bouches d'eau, etc. Le cloisonnement devra être tel, que deux compartiments voisins puissent être emplis sans mettre le navire en danger.

Ce ne sont pas seulement des cloisons de bas en haut que la loi imposerait : un des ponts intérieurs devrait former, lui-même, cloison horizontale étanche, avec ses panneaux hermétiquement et solidement fermés, sans communication avec les étages supérieurs, et à une hauteur au-dessus de la flottaison suivant une ligne donnée qui s'appellera *Bulkhead-load-line*.

Quant au nombre de cloisons de bas en haut et des compartiments étanches, il sera réglé d'après la longueur du navire et la nature de son service applicable aux passagers ou seulement au transport du fret.

Le cloisonnement, caractérisant particulièrement les navires de guerre, est une garantie plus ou moins sûre contre le coulage qui a perdu corps et biens tant de navires, parfois en quelques minutes; mais toutes ces cloisons ajoutent beaucoup au poids et au tirant d'eau, qu'on s'applique au contraire à réduire.

Cloisonner efficacement, avec solidité, sans faire trop lourd,

(1) Voir *Engineering* du 26 juin et *Revue Maritime et Commerciale*, *1891*.

tel est le problème, à données contraires, qui est posé à l'art naval.

En ces derniers temps, il s'est produit à bord des navires un grand nombre d'incendies, parfois par des combustions spontanées du fret dans les cales, où des matières regardées comme inoffensives se sont échauffées, peut-être à cause de l'énorme température due au voisinage des chaudières et machines. Ce qui a caractérisé ces sinistres, c'est moins le feu lui-même que l'eau d'extinction qui a atteint non seulement l'embrasement, mais tout le compartiment, et le fret qu'il renfermait ; d'où résultèrent de grandes avaries de marchandises à payer, de dispendieux aménagements à réparer, et un grand travail de pompage d'eau. Il y a donc d'importantes études à faire, surtout dans la grande navigation postale, en vue de localiser les accidents de feu *et d'eau*, aussi étroitement que possible, par le cloisonnement étanche.

Si on étudie le cloisonnement dans la généralité des navires, on constate fréquemment l'une ou plusieurs des quatre défectuosités suivantes :

1° La trop grande dimension des compartiments étanches qui, au lieu d'être une garantie de sauvetage, a pour résultat de faire couler à pic le navire rempli par un de ses bouts et d'exposer presque tout le fret.

2° La consolidation nulle ou insuffisante de ces vastes surfaces planes, qu'on a vu céder à la poussée de l'eau, n'ayant pas été méthodiquement appuyées ou pourvues d'armatures.

3° L'existence de cloisons longitudinales plus ou moins de bout en bout, qui impriment au navire une *bande* ou inclinaison latérale dangereuse.

Disons cependant que des praticiens très autorisés et des commandants de paquebot, à qui la question a été posée, regardent au contraire la cloison en long comme utile à la consolidation du navire et nullement dangereuse, l'équilibre pouvant être rétabli sur l'autre bord par l'emplissage au besoin de l'autre côté de la cloison.

La *Touraine* est divisée en treize compartiments étanches par des cloisons élevées plus ou moins haut; il y a une cloison longitudinale séparant les machines en deux chambres distinctes, avec une porte de communication en bas; dans les chaufferies, les parois longitudinales des soutes forment naturellement cloison longitudinale étanche.

Le cloisonnement transversal et longitudinal serait, paraît-il,

beaucoup plus développé dans les paquebots anglais et allemands. Les notices offertes au public y insistent comme garantie de sécurité; l'un aurait même cette cloison d'axe presque de bout en bout ce qui, nous l'avons vu, est discuté.

La question importante des portes percées dans les cloisons a été réglée comme suit dans les paquebots comparés : l'un n'a rien de nouveau ; les portes restent ouvertes suivant le mode usité; au jour du danger, on les fermera, *si on peut*, et on les assujettira par leurs manettes à charnière, suivant un programme réglementaire auquel le personnel du navire est périodiquement exercé, comme on l'exerce aux pompes en prévision du feu et des voies d'eau.

Dans un autre des paquebots, les cloisons ont aussi leurs portes, mais celles-ci sont doubles, ouvrant en sens contraire et rabattant l'une sur l'autre, comme nos tambours d'églises et salles de réunion. De part et d'autre il y a obturation naturelle à l'envahissement et à la poussée de l'eau. Mais ces portes sont lourdes, étant nécessairement solides.

Quant aux trappes ou portes dites à guillotine, qui descendent de bas en haut dans leurs rainures, on ne les voit plus nulle part.

Enfin, dans les deux autres types de paquebots comparés, les cloisons n'ont aucune de ces portes de communication, sur la fermeture desquelles on ne pourra pas compter, dit-on, au *moment psychologique*. On enjambe en haut de la cloison par des escaliers, en attendant les ascenseurs, exercice fatigant dont se plaignent les passagers et l'équipage; mais c'est évidemment le moyen radical de laisser aux cloisons toute leur efficacité, si elles ne sont pas tordues, déclinquées, arrachées en cas de choc du navire.

4° *L'armement* d'un paquebot de commerce comprend cette multitude d'objets sans lesquels il ne peut prendre la mer, et dont la plupart appartiennent à l'art de l'Ingénieur, depuis les compas et cartes jusqu'aux instruments de sauvetage et canots. Il y faudrait consacrer tout un traité. Armer un navire, c'est aussi le pourvoir des mâts et voiles qui constituent le gréement proprement dit; le steamer y ajoute les cheminées qui sont l'âme du tirage des foyers et ne sont pas indifférentes à l'aspect général du navire. La marine de guerre dissimule ses cheminées autant que faire se peut. Les paquebots de commerce ont parfois des cheminées monstrueuses de hauteur et de diamètre en vue de faire travailler les foyers de chaudières au tirage naturel, n'utilisant que par exception le tirage forcé, qui ne laissera pas faire, dit-on, longue vie aux chaudières. Nous reviendrons sur la question.

On a vu à la description du petit paquebot *la Seine* qu'il se caractérise par un système de double cheminée pour l'aérage des chambres par voie d'appel et pour forcer le tirage des foyers par insufflation d'air dans la cheminée proprement dite.

Le nombre des cheminées dépend de celui des groupes de chaudières, bien qu'on puisse les réunir par un conduit commun surmonté d'une même cheminée. Le *Great Eastern* avait cinq cheminées; il y en avait quatre sur le modèle d'Elder à l'Exposition de 1889; la *Touraine* et *Teutonic* ont deux cheminées; *Normannia* et *City of Paris* en ont trois, une pour chaque groupe de chaudières, en boxe distincte.

La mâture des paquebots comparés est fort différente et très caractéristique : la *Touraine* et le *Teutonic*, déjà semblables par leurs deux cheminées de dimensions relativement modérées, sont gréés en trois-mâts-goélette sans voiles, d'un très petit effet, et qui ne semblent là que par tradition. Ils ne servent guère qu'à monter des pavillons et signaux, ainsi qu'à porter les palans des treuils au-dessus des panneaux de charge.

Au contraire, la *City of Paris* est puissamment gréée de trois mâts : l'artimon et le mât central sont des mâts-goélette, mais avec toutes leurs voiles ordinaires. La misaine, assez portée vers l'avant, est un vrai mât de frégate à trois vergues et voiles carrées, plus toute la série des voiles accessoires. Ce n'est pas toutefois l'imposant gréement de l'ancienne marine, ni celui des paquebots à quatre mâts, type *Britannic* et *Bourgogne*, qui, eux-mêmes, paraissent maigres à côté du *Labrador* et du *Saint-Laurent*, et même du *Saint-Germain*, lequel n'a qu'un magnifique gréement de brick comme l'ancienne flotte hambourgeoise.

A l'opposé de *City of Paris*, *Normannia* et divers grands paquebots tout récents, tels que *Scott* et *Ophire*, de la Oriental Company, ne portent que deux mâts dépourvus de vergues, flèches et voilure, et ne servant qu'à monter des signaux et porter des palans.

Cette disparition de la voilure dans la navigation rapide a trois explications :

1° Pour utiliser le vent, il faut obéir à sa direction si variable, et alors on ne peut plus conserver la ligne droite qui, on l'a vu, est aujourd'hui l'un des caractères de la navigation postale;

2° Pour être effective, la voilure des grands paquebots devrait être immense. L'amiral Paris indique, pour mesure des principales voiles, trente-cinq fois la maîtresse section immergée du

navire, soit 3500 m^2 de voiles pour un paquebot tel que la *Touraine*, ce à quoi ne suffiraient pas quatre mâts. Que serait-ce si on prenait pour base un *chalutier* de Trouville qui, pour un port de 32 *tx*, a plus de 300 *m* de toile? Il est inutile de faire remarquer combien serait dispendieux, lourd et encombrant un pareil gréement sur un navire dont les hauts sont déjà si chargés par la multiplicité des superstructures;

3° Voici qui est plus décisif pour la suppression de la voilure dans la navigation rapide : le navire va souvent plus vite que le vent. Les vitesses et pressions correspondantes du vent ont été relevées par de nombreux expérimentateurs; leurs chiffres s'accordent peu, ce qui s'explique par les données mêmes de l'expérience et de l'incertitude du nom qu'on donne aux diverses intensités du vent. Celui des tempêtes correspond à une vitesse de 40 *m* par seconde et une pression de 200 *kg* par mètre, mais il est hors de la question, puisqu'il ne sert qu'à déchirer les voiles et à renverser les mâts : on se garde de l'utiliser. Prenons le vent favori des marins, dit *forte brise*. Francœur, le vieux maître, le fait correspondre à une vitesse par seconde de $V = 10$ *m* et une pression par mètre carré $P = 13$ *kg*. Ce sont aussi à peu près les évaluations de l'amiral Paris. Le navire filant 20 nœuds, soit $V' = 10$ *m* par seconde en nombre rond, la vitesse, principe de la pression P′, propulsive sur les voiles du navire, devient $P' = V - V' = 10 - 10 = 0$; et ce, dans la supposition d'une bonne orientation de vent arrière.

En résumé, les paquebots à vitesse modérée conservent leur mâture et voilure, qu'ils utilisent à l'occasion pour ménager la puissance de la machine et ses consommations. Sur les paquebots à grande vitesse, les voiles sont plus qu'inutiles, si ce n'est pour appuyer le navire sur la lame et aider aux évolutions. Les paquebots à double hélice en ont moins besoin encore, puisqu'ils ont dans leur double machine et leur double propulseur, respectivement indépendants, ces ressources d'évolution et de continuation de route en cas d'avarie, qu'on espérait avec les voiles. C'est pour eux surtout que le gréement n'est plus qu'un outillage encombrant, dispendieux, lourd, et parfois même dangereux (1).

(1) Un commandant raconte qu'en un rigoureux hiver, dans les parages de Terre-Neuve, le verglas doublait tous ses cordages, formant sur les vergues et mâts un décimètre d'épaisseur avec de monstrueuses stalactites pendant partout et qui, à peine cassées à la hache, se reformaient. Le paquebot roulait avec une amplitude effrayante et ne se redressait qu'avec lenteur. «J'aurais, disait-il, jeté tout le gréement à l'eau si les mâts et haubans n'eussent été en fer que je ne pouvais attaquer qu'au burin.»

5° *L'appropriation militaire* des grands paquebots de commerce est partout une idée populaire, surtout à l'étranger. Nul doute qu'ils ne doivent servir en guerre à transporter des troupes et leur matériel, comme cela s'est déjà fait, avec une économie et une rapidité qui ont pu surprendre les amirautés. Les nouveaux paquebots ont donc été étudiés et construits en prévision de ces transports d'armée. Quant à en faire des croiseurs et bâtiments de guerre proprement dits, il est du moins certain qu'on se le propose. Le *Teutonic*, le *Majestic*, et autres qui vont venir, s'appellent hautement dans les publications : *Our naval reserve*, *Mercantil armed cruisers* ;

On affirme qu'en Allemagne et naturellement aussi en Italie, toutes dispositions sont prises pour mobiliser et armer au premier avis tous les principaux paquebots de la marine marchande réunissant un effectif de 30 navires portant 45 000 hommes équipés au complet avec artillerie.

Comme installation des paquebots armés en guerre, il ne nous a été possible de rien découvrir autre que la solidité des ponts en tôle doublée de bois épais, si ce n'est sur le *Teutonic*, où il n'en est fait aucun mystère. (Voir l'*Engineer-Journal* de 1890.) Sur le spardeck, contre le garde-corps, de chaque côté du grand rouff, sont espacés 6 canons, (12 en tout, sans compter les Hotschkiss). Ce sont des canons Armstrong, en acier, à tir rapide, à culasse mobile par fermeture en hélice, au calibre de 4 pouces et demi et 15 pieds de long, lançant un long projectile à bout conique, du poids de 45 livres.

Les canons sont montés, avec affût à ressort pour le recul, sur table tournante dont le plateau inférieur est attenant au pont.

Quatre de ces canons étaient en place au jour de l'essai et ont pu être présentés aux visiteurs. La série des douze est en magasin, prête à être montée à bord, pour ainsi dire instantanément, par l'équipage exercé à cet effet. Ce type de canon n'a été adopté qu'après épreuves de plusieurs autres, de calibres et poids supérieurs qui causaient trop d'ébranlement et de fatigue. Ce qui serait intéressant serait de pouvoir étudier comment ces paquebots, aptes à devenir des navires de guerre, sont consolidés sous le poids des canons, car rien n'apparaît dans les dessins et notices publiés.

On ne reconnaît rien non plus qui puisse ressembler à des abris, à des blindages, cofferdam ou cloisonnement de protection et il ne

paraît pas que les tôles et membrures de la construction aient plus que les dimensions usuelles dans la navigation commerciale.

Un dernier fait, qu'on entend affirmer, est que sur des paquebots allemands et italiens, l'artillerie serait à installer, non sur le pont comme à bord du *Teutonic*, mais à l'intérieur du navire, au *maindeck*, assez peu au-dessus de la flottaison, la bouche du canon sortant par un des sabords qui servent d'ordinaire aux manutentions du fret et du charbon. L'artillerie serait alors abritée comme dans les batteries des vaisseaux de guerre proprement dits.

Cette appropriation à la guerre de la marine commerciale, comme de tout ce qui peut aujourd'hui contribuer à la destruction publique, ne donne que trop d'intérêt à l'importance de l'effectif des diverses nations.

Or, la Société des Ingénieurs Civils, où l'on sait mieux que nulle part que la marine est aujourd'hui la première industrie d'un pays, est dans la nécessité de proclamer que la France y tient une place peu rassurante ; je n'ai pas à analyser ici les raisons ; mais l'infériorité porte : sur les chantiers, réduits à 5 de réelle importance en dehors des arsenaux ; et sur l'effectif des navires rapides. On peut dresser le tableau suivant des forces comparées de la France, de l'Allemagne, en dehors de la triple alliance, et de l'Angleterre.

	FRANCE	ALLEMAGNE	ANGLETERRE
Paquebots à grande vitesse de 18 nœuds au moins	1	6	8
Paquebots à vitesse de 15 à 16 nœuds au moins.	6	8	20
TOTAL.	7	14	28

Nombre de soldats transportés, à raison de 2 000 par navire, 14 000 en France, 28 000 en Allemagne, 56 000 en Angleterre.

Dans ce nombre ne sont comptés que les grands paquebots de *long cours* pouvant être immédiatement mobilisés. Pour de courtes traversées, la France pourrait ajouter un certain nombre de paquebots rapides tels que ceux de la ligne de Marseille à Alger, et nous possédons un bel effectif de ces grands et beaux paquebots à vitesse de 12 et 14 nœuds dont l'Allemagne et ses alliés, mais surtout l'Angleterre ont aussi un très grand nombre.

Si nous considérons la marine dans son ensemble, les états officiels (voir journal *le Génie Civil*, t. XVII, p. 233) constatent que la France a perdu son second rang pour le nombre et le tonnage des navires à vapeur; elle vient, non seulement après l'Angleterre qui possède à elle seule plus de navires et de chantiers que le reste des nations réunies, mais après l'Allemagne, et ne laisse que peu en arrière l'Italie et l'Espagne.

Dans la marine à voiles, la France ne vient qu'en neuvième rang, non seulement après l'Angleterre, les Etats-Unis et la Norwège, mais très loin, tout au moins pour le tonnage, après l'Allemagne, la Russie et l'Italie; cette dernière ayant dans la Méditerranée de très considérables flottilles de petits navires.

Heureusement la France commence à relever sa marine à voiles qui compte déjà de magnifiques voiliers à 4 mâts et à 5 mâts portant 6 000 tonneaux, en même temps qu'elle acquiert les puissants paquebots à vapeur demandés maintenant aux chantiers et ateliers français, types *Chanzy*, *Seine*, *Bretagne*, *Touraine* et autres.

6° Les *aménagements* de la *Touraine* ont été décrits par MM. Jousselin et Guérin de Litteau. Les autres nouveaux paquebots lui ressemblent à très peu près, avec la même somptuosité. Ils laissent bien loin en arrière le *Persia*, le *Pereire* et le *Vanderbilt*, autrefois si admirés, où le passager avait juste sa place, pendant 12 ou 15 jours de voyage sous des plafonds hauts de 6 pieds. Les grands espaces d'aération caractérisent heureusement les nouveaux paquebots. Ils ont la belle coupole vitrée, aujourd'hui en usage au-dessus du salon principal, et l'escalier monumental dont la cage constitue pour tous les étages une vaste claire-voie. C'est un des meilleurs progrès. Le cadre de ces dômes à claire-voie entièrement dégagés, sans barrots intermédiaires, est intéressant à étudier au point de vue de la construction.

Aux principaux étages il y a 2,45 *m* sous plafonds. Ceux-ci sont en tôle. C'est avec raison qu'on ne cache pas les assemblages et qu'on les enduit d'une simple peinture. Dans les tourmentes du navire par gros temps, il se produit un peu partout d'inévitables infiltrations d'eau; il faut immédiatement mater les joints et rivures, sans rechercher et sans rien démolir. Cependant on ne peut nier que les constructeurs font trop souvent comme de la grossière chaudronnerie ces assemblages et rivures qui doivent rester visibles dans les chambres et couloirs. Ils pourraient être plus symétriques et moins primitifs.

L'élévation des plafonds et l'élargissement de la coque a permis de donner aux cabines des dimensions inconnues autrefois, en même temps qu'on a triplé le diamètre des hublots et multiplié les coupoles et claires-voies d'aérage.

Sans parler des chambres dites de luxe et de famille qui sont aussi une innovation, les cabines principales, dites extérieures, ont toutes au moins un hublot d'éclairage, et comme dimensions: longueur 2 *m*, largeur 3,20 *m*, hauteur 2,45 *m*; d'où capacité 15,68 m^3 soit 5,20 m^3 pour chacun des trois passagers de la cabine complète, savoir: deux passagers sur les lits ordinaires superposés (1) et le troisième occupant le devant. Les cabines à 6 lits de seconde classe ont 22 m^3 de capacité soit 3,64 m^3 par chacun des passagers au complet.

Les passagers de troisième classe et les émigrants ont trop longtemps voyagé comme le *fret humain* des négriers. Dans la *Touraine* ils sont logés aux deux extrémités du second entrepont, soit dans des carrés à demeure, soit dans des compartiments recevant du fret à défaut de passagers, par le démontage des couchettes articulées, qui ne sont plus que sur deux rangs superposés, comme en première classe. Dans l'une et l'autre installations les passagers de troisième classe sont divisés en chambrées, avec claires-voies d'aérage, hublots d'éclairage, parois et mobilier lessivés et blanchis à chaque voyage; avec tables à manger, étagères à bagages, lavoirs, water-closets, chambres des femmes seules, et des mères avec enfants, infirmerie, etc. Chaque passager, par chambrée complète, a de 2,75 m^3 à 3 m^3 de capacité moyenne (2).

Malgré tous ces perfectionnements des navires, on ne peut méconnaître que la marine a encore beaucoup à étudier pour les aérer, ventiler, rendre supportables la grande chaleur en certains climats, et dans le voisinage des chaufferies; surtout quand la mauvaise mer force à fermer hublots, sabords, claires-voies et portes.

Les installations de la *Touraine* ont cette particularité que le grand salon-réfectoire n'est ni à l'arrière suivant l'ancienne mode,

(1) En quelques Compagnies, telles que celle des Messageries en France, les couchettes ne sont pas des cadres superposés; ce sont de vrais lits en fer en sens alterné, à peu près dans le même plan, l'un en long, l'autre en travers comme partout dans les cabines de seconde classe.

(2) A cette occasion, il nous sera permis de protester contre certain embarquement de troupes dont nous avons été témoin. Une Compagnie maritime qui leur avait affrété une partie de sa flotte avait installé dans ses entreponts comme pour le service ordinaire des émigrants avec les 2 rangs superposés de couchettes en fer. Malgré les prières du commandant de paquebot, celui des troupes fit tout enlever et on improvisa en menuiserie grossière 3 rangs superposés de cadres à 0,70 *m* de distance respective. Comment ces pauvres soldats, avec 1,50 m^3 chacun, ont-ils fait leur long voyage!

ni à l'avant d'après la nouvelle ; mais bien au milieu, là où on souffre le moins du tangage. On a pu le faire, sans poser le salon au-dessus des chaudières ; il est sur la vaste soute à houille qui sépare leurs deux groupes. Ce beau et luxueux salon a, comme ses pareils, sous sa coupole vitrée, ses *fauteuils revolver*, ses grandes tables communes, ses petites tables de famille ; le tout rapidement démontable pour convertir la salle à manger en salle de concert ou de théâtre, ce qui n'est pas rare à bord, quand on a un commandant soigneux de distraire ses passagers des ennuis du voyage. Nous avons eu l'exemple de ce rapide démontage d'un mobilier de paquebot lors de l'inauguration de la *Touraine*, pour la réunion de l'après-midi.

Les grands paquebots de première classe méritent aujourd'hui plus que leur nom ordinaire de *grand hôtel* et de *casino ;* c'est toute une ville parfois de 2 000 âmes. Il y a huit salons et salles publiques, dont la *nurserie* ou carré des enfants avec leur mère ou gouvernante ; les fumoirs, bibliothèques, boudoirs de dames, chambres de bain et du docteur ; les caves pour fûts et bouteilles, les offices, boulangerie, cuisines, glacières, lingerie, buanderie, cambuses, infirmerie, caisses à eau, boxes de bêtes vivantes ; le tout, dans des conditions de poids et d'exigence les plus opposées souvent, doit être combiné et équilibré respectivement par l'ingénieur aux divers étages du navire, où on ne peut souvent que par des artifices, apporter l'air, la lumière, ainsi que la chaleur ou la fraîcheur, suivant les circonstances.

7° L'*arrimage*, en vue d'assurer, en toute circonstance, l'équilibre stable et les lignes d'eau, offre au constructeur une série de problèmes complexes difficiles à combiner dans un navire à vapeur. Il s'agit d'équilibrer de part et d'autre de l'axe du navire, du métacentre et du centre de gravité, des installations mobilières et des appareils mécaniques de très grand poids, de façon à conserver au navire ses lignes d'eau et lui faire reprendre position dans ses mouvements de tangage et de roulis, sans amplitude exagérée, sans cette brusquerie de retour si fatigante, qui caractérise certains paquebots.

Cette répartition est surtout laborieuse aujourd'hui, où les hauts de navire sont si chargés, avec une multitude de superstructures. Les principaux appareils mécaniques à équilibrer sont : d'une part, les machines, les hélices avec leur arbre, le gouvernail et sa machinerie. D'autre part, les chaudières, les soutes, le maître cabes-

tan, dit guindeau, les ancres, leurs chaines, grues, puits et tout leur attirail.

Dans les navires à hélices et machines jumelles, tout est symétrique et naturellement en contrepoids de part et d'autre de l'axe longitudinal ; on ne craint plus que d'une erreur de calcul résulte de la *bande* ou inclinaison latérale. Reste comme problème la répartition sur la longueur de la coque, dont le vice la ferait plonger de l'arrière ou de l'avant. Les plans joints à la description précitée de Guérin de Litteau, permettent de l'étudier dans la *Touraine*. Elle n'est pas sensiblement différente dans les autres paquebots du tableau comparatif, si ce n'est pour la position respective des soutes et chaudières, celles-ci plus rapprochées. Ce qui caractérise au contraire la *Touraine*, c'est l'existence de sa principale soute à houille sous le grand salon, exactement au centre du navire ; en sorte que le débit du combustible qu'on y puise ne peut qu'alléger le navire sans déranger son assise horizontale dans l'eau, bien qu'il s'agisse d'un poids d'environ 1 200 *tx*.

L'arrimage des appareils mécaniques et de la multitude des objets à demeure ou mobiliers qui constituent un navire est une affaire d'ingénieur. L'arrimage du chargement en passagers et en fret de nature si variée est pour le chargeur un autre problème de tous les jours qui a été très simplifié dans la *Touraine* et ses pareils, par l'installation des *water-ballast*, caisses à lestage d'eau, lesquelles sont fractionnées en plusieurs compartiments distincts et étanches, ce qui permet de corriger les écarts de poids du fret, qu'il fallait précédemment choisir et équilibrer avec méthode ; d'où résulte un chargement plus rapide avec n'importe quel personnel. Plus n'est besoin de s'assujettir à un service d'arrimeurs expérimentés qui a ses exigences.

L'importance de l'arrimage permanent et journalier a une telle importance pour qu'un navire se comporte bien en route, en tout état de la mer, que des règlements administratifs, sinon des lois, vont en fixer les prescriptions.

8° *Machinerie auxiliaire*. — Outre les machines proprement dites de la propulsion, tous les navires perfectionnés, y compris les voiliers, portent une multitude d'appareils mécaniques pour effectuer vite et avec le personnel le plus réduit toutes espèces de manutentions et manœuvres. D'où il suit que les navires qui manquent de cette machinerie auxiliaire sont en état d'infériorité dans la concurrence internationale.

Même en l'état actuel des paquebots perfectionnés, ceux-ci ont un équipage d'au moins 300 personnes, la plupart affectés à un travail brutal, pénible, dangereux. On voit donc combien ce personnel a besoin de l'aide des machines, et quel intérêt a la marine à diminuer ce personnel de plus en plus difficile à recruter.

Cet outillage auxiliaire affecte toutes les formes : élévateurs, grues, treuils, servo-moteurs, pompes, tuyauterie. Il emprunte son action motrice à la vapeur, à la pression hydraulique, à l'air comprimé, à l'électricité, suivant des systèmes très variés ; il fait l'objet de nombreuses spécialités industrielles, où il reste généralement beaucoup à étudier et à perfectionner. Une partie de ces machines auxiliaires est encore bien primitive et consiste en un amas de ferraille bruyant, lourd, encombrant, dangereux, sujet à casser; enfin caractérisé par une énorme résistance de frottement, auquel correspond une grosse dépense de force motrice, de charbon consommé, etc.

Voici l'énumération des principaux engins de cette machinerie auxiliaire qu'il faudrait tout un traité pour décrire (1).

1° Machinerie du gouvernail avec frein, drosses, roues, barres, etc. Voir *Description de la Touraine*, par Guérin de Litteau. Étude comparative à recommander à l'occasion, sur les nouveaux paquebots de la ligne d'Alger, où l'actionnement hydraulique et celui à engrenages et frein sont en concours.

2° Affûts tournants de l'artillerie. Voir *Description du Teutonie*, à l'*Engineer Journal*, 1890.

3° Installation électrique : dynamos et machines motrices. Voir *Description de la Touraine.*

4° Compas, boussoles, axiomètre, phares, signaux visuels, euphoniques et mécaniques.

5° Servo-moteur du gouvernail et des machines motrices.

6° Grand treuil, dit guindeau ou cabestan.

7° Ancres et leur attirail, chaînes, grues, puits, écubiers, linguets.

8° Treuils de manutention et leurs palans pour le service des panneaux de charge.

9° Élévateurs et monte-charges de service aux machines, chaufferies, offices, cuisines, etc.

10° Voies et wagonets Decauville pour la manutention des houilles et des cendres dans les chaufferies, en attendant les appareils automatiques.

(1) Voir Chronique Mallet, Bulletin de la Société, janvier 1892, page 112.

11° Grues roulantes au-dessus des machines pour la manœuvre des pistons, couvercles, etc.

12° Compresseur et accumulateur hydrauliques.

13° Ateliers de réparations mécaniques comprenant, outre les étaux montés et l'outillage mobile ou à main, au moins une perceuse, une raboteuse et un tour à banc d'une certaine importance.

14° Atelier de menuiserie et charpente, avec au moins une perceuse et une scie circulaire dite fraise, montée sur table.

15° Appareils distillatoires d'eau douce, marmites autoclaves des cuisines, bacs-réservoirs et caisses à eau douce emportés au départ.

16° Outillage de la boulangerie, de la fabrique de glace, de la buanderie, etc., et outillages des machines et magasin des pièces de rechange avec leurs étagères.

17° Machinerie du filage d'huile dans les gros temps.

18° Potences et crics de manœuvre des canots.

19° Les pompes auxiliaires constituent un ensemble de machinerie considérable, plus ou moins isolée et indépendante de la machine propulsive proprement dite, les unes distribuées sur les divers points du navire, les autres dans l'intérieur, dans les chaufferies, etc. Les principales sont : les pompes à air qui constituent parfois un agencement spécial avec leur moteur, ce qui devient usuel, les machines propulsives ayant de plus en plus une rotation trop rapide pour le bon fonctionnement des pompes qui, elles, au contraire, ne veulent pas trop de vitesse. 2° Les turbines ordinaires du système Gwine, dites de circulation d'eau dans les condenseurs, à raison de 300 *l* par cheval indiqué, avec leurs valves d'entrée ou de sortie et leur tuyauterie spéciale. 3° Les pompes alimentaires, généralement du type Worthington. 4° Les pompes pour la vidange des cales et waterballast, le secours en cas d'incendie, le lavage des ponts, le service des offices, cuisines, etc.

20° Les ventilateurs forçant l'air du foyer ou aérant l'intérieur du navire avec leurs moteurs donnant, comme ceux des turbines, de 250 à 300 tours par minute.

A cette énumération, qui n'est que résumée et à peine complète, se joignent une robinetterie et une tuyauterie qui pourraient se développer sur plusieurs kilomètres, pour les calorifères, le service des eaux amenées ou évacuées, etc.

Presque toute cette machinerie auxiliaire, y compris celle de l'électricité et de la pression d'air ou d'eau emprunte son action

à des machines à vapeur. Dans sa Chronique de janvier 1892, M. Mallet relate pour le cuirassé italien *Humberto*, de 20 000 *chx*, 69 appareils de machinerie auxiliaire totalisant 2 480 *chx* en outre de la puissance propulsive.

3° *La machinerie propulsive* des paquebots comparés, c'est-à-dire les hélices, chaudières et machines, appartiennent toutes, sauf la *Sprée* et l'*Aurania*, au même système, sauf des variantes secondaires.

On fait encore des bateaux à roues très intéressants et de la plus belle vitesse pour les courtes traversées en mer, pour les lacs et les rivières (1); mais le propulseur classique de la marine est aujourd'hui l'hélice. Les grands paquebots nouveaux, type de la *Touraine* ainsi que *la Seine*, ont deux hélices, sans cage, de part et d'autre du gouvernail, sous la poupe, avec un très sensible effilement des façons arrière et un long arbre porte-hélice qui sort des flancs du navire et s'appuie du bout en avant de l'hélice, sur une forte console, non sans danger d'accidents.

Les hélices doubles ou jumelles, avec machines indépendantes, ne sont pas une nouveauté. Elles sont généralement admises dans les marines militaires et il y a vingt ans que la Compagnie générale Transatlantique possède cinq paquebots de ce système. L'un d'eux, *le Lafayette*, remis à neuf avec machines faites à Penhoët, a fourni à son habile commandant, M. Nouvellon, l'objet d'intéressantes observations.

Mais on n'avait pas osé appliquer la double hélice aux grands paquebots de la ligne de New-York, si agitée et où il y a le danger des glaces. La catastrophe du *City of Paris* (2) donne quelque peu à réfléchir. Néanmoins, on projette déjà l'adoption de trois hélices et même d'hélices, non plus seulement placées à l'arrière mais à l'avant, d'après des expériences qu'on dit concluantes et qui ont constitué, il y a quelques années, le système breveté de M. Hervier, membre de la Société des Ingénieurs civils de France.

La multiplicité des hélices avec machines indépendantes a fourni aux nouveaux paquebots de grandes facilités d'évolution, des garanties de sécurité, le moyen de continuer la route en cas de destruction d'une hélice, la possibilité de ramener les organes mécaniques à de moins énormes dimensions.

(1) Les rivières ont aussi leurs bateaux à hélice comme on le voit à Lyon, à Paris, à Venise; parfois même avec hélices doubles ou jumelles. Les flottilles à roues de la traversée de la Manche et du Pas-de-Calais, celles des lacs suisses et écossais, de la Tamise, du Rhin, du Danube, des fleuves russes, avec chauffage au pétrole, mais surtout les bateaux à roues bien connus de l'Amérique, sont des types très intéressants.

(2) Voir Chronique Mallet, Bulletin de la Société, n°s de mai et de juillet 1890.

Mais on ne peut pas dire qu'elles sont indispensables à la vitesse, puisque les grands rapides de Cunard, en Angleterre, et ceux de la Compagnie Brêmoise, type de la *Sprée*, en Allemagne, ont leur unique hélice.

Les hélices avaient généralement quatre ailes et on ne se fût pas permis de les faire en un autre métal que la carène, savoir : fer ou fonte dans les navires en fer, bronze dans les navires en bois, doublés de cuivre, bronze ou laiton, pour éviter, disait-on, les effets galvaniques destructeurs.

On montre, dans ces parcs adjoints aux ateliers de marine qu'on appelle le cimetière des vieilles hélices, de très curieux spécimens de celles-ci, ayant sur les ailes des trouées attribuées à ces destructions galvaniques. Il faudrait se demander d'abord si elles sont vraiment un défaut. On se rappelle peut-être une grande jonque chinoise venue à Londres en 1849, ayant son gouvernail et ses énormes rames régulièrement trouées ; on apprit qu'en ces contrées d'Asie c'était l'usage de la marine, pour augmenter la pression sur l'eau tout en la laissant dégager. Un membre de l'Académie des Sciences, le baron Séguier, qui a fait autorité dans les sciences maritimes, non seulement a recommandé ce trouage du gouvernail et du propulseur, mais il l'a appliqué à un yacht qu'il possédait, avec avantage réel, a-t-il dit.

Quoi qu'il en soit, les nouveaux paquebots ont généralement des hélices à trois ailes, de diamètre moins grand, à pas moins allongé, à rotation plus rapide. On voit des ailes en fer forgé, boulonnées sur moyeu de bronze, et des ailes de bronze sur moyeu de fer, de fonte ou d'acier. C'est un bronze manganésé que relatent toutes les descriptions et qui paraît exclusivement demandé aux fonderies.

Les chaudières tubulaires marines constituent un type classique bien connu. On leur donne généralement la plus grande dimension permise par leur emplacement dans les navires et par les moyens de fabrication et de transport ; le diamètre qui a dépassé 5 *m* est ramené partout au maximum de 4,50 *m*. Dans *Teutonic*, il n'est, paraît-il, que de 3,25 *m*.

Les corps de chaudière, autrefois généralement posés en travers avec allée de chauffe au milieu, sont, dans les nouveaux paquebots, posés en long, librement, sans attache sur les varangues en croissant du fond de cale. Le nombre des corps de chaudière dépend de leur puissance. *City of Paris*, *Teutonic* et *Normannia* ont neuf corps doubles ou à double façade, la *Touraine* a six corps

doubles longs de 6,20 *m* sur 4,50 *m* de diamètre, et trois corps simples à une façade.

Dans les paquebots comparés, les chaudières ont sur chaque façade trois foyers en tôle ondulée du système Fox, au diamètre de 1,10 à 1,20 *m*, d'où environ 2 m^2 de grille, ce qui donne 108 m^2 de grille totale pour les 54 foyers de *City of Paris*, soit 0,0052 m^2 pour chacun des 20 750 *chx* de son maximum de puissance.

Les cendriers sont munis de portes pouvant être hermétiquement closes, des ventilateurs soufflant les feux. Les chaudières fonctionnent alors à tirage forcé.

Rien n'est à signaler sur la matière des chaudières, qui sont en tôle d'acier à l'épaisseur de 38 *mm;* sur leur rivure à double ou triple rang; sur les tubes en fer à diamètre réduit jusqu'à 55 *mm* intérieur dans la *Touraine;* sur les tirants et armatures de consolidation; sur les réservoirs collecteurs de la vapeur et sur la tuyauterie à dilatation libre, non plus que sur les indicateurs et la robinetterie. On verra diverses propositions relatives aux épaisseurs de tôle.

Mais il y aurait à rechercher si l'heure n'est pas venue pour les générateurs actuels de céder la place à d'autres systèmes, ce qui rentrera dans une autre partie de la présente étude. Disons seulement ici pour conclure qu'ils occupent un personnel en nombre extravagant, selon le mot d'un Ingénieur anglais. Voici sa composition dans *City of Paris*, d'après la Chronique de notre collègue Mallet (janvier 1891, page 57):

60 chauffeurs-ringardeurs.

54 soutiers et traineurs de wagonets.

104 hommes (non compris 26 mécaniciens), coûtant 10 700 *f* par mois pour salaire, plus nourriture ou autres dépenses, et travaillant dans une fournaise où leur *quart* de service ne peut excéder quatre heures.

Les machines de navigation ont offert longtemps une grande variété de systèmes, où chaque constructeur se personnifiait. Les systèmes de Penn, Maudslay, Napier, Mac Gregor, Cavé, Mazeline, Dupuy de Lôme, Claparède et autres ont constitué des types célèbres.

Aujourd'hui, à part la marine militaire qui conserve quelques variétés de machines horizontales installées au-dessous de la flottaison, et à part aussi les bateaux à roues, on peut dire que la navigation n'a plus que le système dit *machine-pilon*, par assimilation avec le marteau-pilon des forges, avec cylindre renversé au

sommet des bâtis. Restent seulement des variantes secondaires avec lesquelles se retrouvent les caractéristiques suivantes, généralisées dans toutes les nouvelles constructions :

1° L'arbre moteur, en plusieurs pièces boulonnées ensemble, est actionné non plus par deux paires de manivelles à angle droit et deux machines, mais par trois paires ou trois coudes, à l'angle respectif de 120 degrés.

2° La machine, cylindre et piston actionnant les coudes de l'arbre, est donc triple. Dans chaque élément de cette *triplice*, comme dans les anciennes compound doubles, le cylindre est ou bien unique ou bien il y a deux cylindres, l'un au-dessus de l'autre, mis en *tandem* sur la même tige de piston : type *Britannic*, *Saint-Laurent*, *City of Rome*, *Bretagne*, *Normandie*.

3° La triple expansion nécessite naturellement trois capacités proportionnelles de cylindres en ligne, pour la haute, la moyenne et la basse pression. La *Touraine* et les autres du tableau comparatif, à double hélice et double machine, ont les trois cylindres simples dans chaque machine, soit six cylindres pour les deux jumelles. Dans *City of Paris*, les cylindres à basse pression ont près de 3 *m* de diamètre et ils pèsent avec leurs dépendances environ 50 *t*. On projette de nouvelles machines à triple expansion, combinées avec le système des cylindres par paire en tandem. Les deux machines ensemble auront douze cylindres.

4° La course de piston, qui a 6 pieds (1,83 *m*) dans l'*Umbria*, la *City of Rome* et la *Sprée*, est généralement ramenée à 5 pieds 1/2 (1,67 *m*), comme dans la *Touraine* et *Normannia*, et même à 5 pieds (1,52 *m*), comme dans *Teutonic* et *City of Paris*.

5° La rotation est devenue formidable : Dans *City of Paris*, filant ses 20 nœuds, près de 90 tours par minute correspondent par seconde à une vitesse de piston V = 4,56 *m*, avec des pièces en mouvement alternatif pas ou peu équilibrées, qui pèsent plusieurs tonnes. Il y a nécessité d'arrosage abondant de toutes les pièces frottantes; quelquefois, les arbres, manivelles, glissières, sont littéralement dans l'eau, comme les machines de torpilleurs à 300 tours d'hélice.

6° Les bâtis réunissant la table de fondation aux sommiers qui portent les cylindres appartiennent à deux types. Les cylindres sont portés en longueur du navire par l'avant et par l'arrière; de ce dernier côté, ils s'appuient: ou bien sur un montant isolé en la

(1) La classique machine américaine à cylindre unique paraît avoir disparu en Europe. On se souvient encore au Havre du *Nashwill*, que ce type si curieux caractérisait.

forme du montant de fonte qui caractérise le bâti du marteau-pilon; c'est le système de la *Touraine*. Les condenseurs sont isolément entre les montants. Ou bien, comme en un grand nombre d'autres machines, celles de Claparède notamment, c'est sur une console venue de fonte avec le coffre extérieur des condenseurs que s'appuie l'arrière du cylindre.

Les montants de la façade d'avant sont ou bien du système pilon en fonte creuse, comme il précède, type de *la Normandie* et du *Teutonic*, ou bien des colonnes de fer forgé dégageant le mécanisme, comme dans *la Touraine, le Lafayette* précité et autres nouvelles machines de la Compagnie Générale Transatlantique.

Les bâtis en fonte sont naturellement creux et de grande capacité intérieure. On en fait des armoires à outils et pièces de rechange. On en a fait aussi des bacs-réservoirs pour l'huile de graissage avec pompe envoyant celle-ci par des tubes aux diverses articulations. C'est séduisant comme ingéniosité; mais la chaleur communiquée à ces réservoirs par le voisinage des cylindres et conduites de vapeur dénature les huiles. C'est dans les endroits frais du navire qu'il faut, au contraire, les emmagasiner, et non dans le voisinage des machines et chaudières, où la très haute pression de la vapeur engendre une si haute chaleur.

7° Les bases ou tables de fondation qui s'appuient sur le fond du navire, en portant toute la machine, sont en fonte d'acier dans les paquebots dont nous parlons.

Dans d'autres constructions, on a fait ces bases en tôle rivée, dans un but de légèreté relative.

Elles n'ont pas résisté aux secousses et se sont déclinquées. Il est à craindre que celles qu'on n'a pas encore remplacées par les bases ordinaires en fonte ne doivent leur conservation qu'à des épreuves trop peu décisives. Peut-être ces bases en fer, si rationnelles en principe et non susceptibles de casser, reviendraient-elles en faveur, si, au lieu d'être traitées comme des œuvres de chaudronnerie ordinaire, elles étaient faites en pièces ajustées et boulonnées comme les longerons de locomotives, qui constituent un bâti de machine si remarquable de solidité et de légèreté.

8° Les nouvelles machines à triple expansion ont une particularité de construction importante à signaler :

Jusqu'ici, dans une machine marine à pression initiale de 4 à 5 *kg*, on s'appliquait à tout relier, à tout solidariser, y compris les cylindres avec leurs tiroirs interposés, qu'on coulait parfois en une ***seule pièce venue*** de fonte, afin, disait-on, que la machine en-

tière suivit les oscillations du navire, sans fatiguer ses attaches, sans *gauchir* sur aucun coussinet.

Dans les machines à triple expansion avec pression initiale de 10 à 12 *kg*, il y a, au contraire, indépendance des organes, et particulièrement des cylindres avec leurs accessoires ; on voit, comme dans *City of Paris*, trois machines entièrement distinctes posées l'une contre l'autre, n'ayant de commun que l'arbre coudé, sa plate-forme et le mécanisme de changement de marche. On a eu des arrachements et des brisures inexplicables par choc ou insuffisance de matière, dans des machines à triple expansion solidarisées comme les anciennes compound.

Le Saint-Laurent, de la Compagnie Générale Transatlantique, avait dans sa machine du Creusot, à pression initiale de 5 *kg* au plus, de puissantes barres boulonnées entretoisant les cylindres. La machine a été transformée en triple expansion avec pression initiale de 10 *kg ;* il a fallu enlever les barres et laisser aux cylindres leur indépendance et leur liberté d'obéir aux dilatations et retraits.

On aurait même remarqué, en général, que les machines les plus économiques de consommation et d'entretien qui ont le moins d'avaries sont celles, non du plus exact ajustage, mais dont les organes ont un certain jeu (1).

Cette indépendance complète était vraie hier. Dans des machines marines toutes nouvelles en Angleterre, en Allemagne et en Amérique, le haut des cylindres est relié et retenu dans les oscillations par des barres, non pas puissantes et rigides comme les anciennes entretoises du Saint-Laurent précité, mais par des tiges articulées et flexibles cédant aux dilatations. C'est une de ces dispositions dites *ficelles d'atelier* qui se recommandent à l'étude et qui accusent un retour contre l'isolement trop absolu des cylindres.

9° La forme des distributeurs de vapeur aux cylindres est encore un des caractères des quatre paquebots comparés et de la plupart de ceux de construction récente : c'est le tiroir-piston, vieux système classique de Taylor, qui ne se retrouvait que dans les très anciennes machines. Les paquebots comparés offrent une variante : trois d'entre eux ont leur distributeur grandissant avec le cylindre respectif qu'ils desservent. *City of Paris* a tous distri-

(1) Elles dansent, disait en plaisantant notre vieux maître François Cavé, et elles sont gaies : c'est la preuve qu'elles se portent bien. C'était particulièrement le fait de ses machines en général, et c'était voulu, à la grande surprise des gens moins expérimentés.

buteurs pareils pour simplifier les rechanges, et c'est leur nombre qui progresse avec la grandeur du cylindre : il y en a un à la haute pression, deux à la moyenne pression et quatre à l'énorme cylindre de basse pression, ce qui fait en tout, pour les deux machines, quatorze tiroirs-piston, et il y en aurait ainsi vingt-huit dans la future machine jumelle à paire de cylindres en tandem. *La Touraine* et toutes les nouvelles machines de la Compagnie Générale Transatlantique ont conservé le tiroir plat à coquilles pour le grand cylindre; les autres cylindres ont le tiroir-piston à la mode.

10° Quant au principe de la triple expansion, qui a pour point de départ une pression de vapeur d'au moins 10 *kg* aux chaudières, on projette déjà de lui substituer la quadruple expansion avec pression initiale de 15 *kg* au moins. C'est une des questions que nous allons examiner dans la troisième partie de cette étude, où nous allons voir ce que coûte la grande vitesse en marine dans l'état actuel de la science.

III

Ce que coûte la grande vitesse dans la navigation.

On a vu que la vitesse de 19 à 20 nœuds était acquise à la navigation, bien qu'elle n'appartienne encore qu'à un très petit nombre de navires, en service pratique et courant. On atteint même exceptionnellement près de 22 nœuds.

Mais la marine a déjà de bien autres prétentions : à l'Exposition de 1889 était le modèle exhibé par Elder, à vitesse franche de 20 nœuds en service, à quatre cheminées, trois rangs de hublots, long de 183 *m* et large de 19,20 *m*, avec creux de 15,84 *m* et 12 000 *tx* de jauge.

Les mêmes chantiers ont, en construction pour la Compagnie Cunard, deux paquebots qui, par leur grandeur, leur luxe, leur vitesse et leur puissance, devront être supérieurs à ceux d'aucune autre marine *(sic)*. Ce seront à peu près les dimensions qui précèdent.

L'amirauté anglaise a, d'autre part, en construction le cuirassé *Bleinhem*, à vitesse de 22 nœuds aux essais; longueur de 114 *m*, largeur de 17,80 *m;* et sans doute bien finement taillé pour la course, car, au tirant d'eau de 7,77 *m*, il n'aurait que 9 000 *t* de

déplacement, ce qui donne le nombre 0,51 *m* pour rapport du volume de carène au parallélépipède circonscrit.

En France, la Société des Ingénieurs Civils, en sa séance de décembre 1890, a entendu la communication de M. Normand sur son torpilleur ayant fourni normalement 21 nœuds passés à l'allure de 308 tours d'hélice et une force de 1 000 *ch* indiqués, avec consommation de 0,87 *k* de houille par cheval-heure.

Le *Gagry*, torpilleur de haute mer, fait par Claparède pour la Russie, a pareillement donné plus de 21 nœuds.

Un yacht, l'*Eclair*, construit par Oriolle de Nantes, vient de fournir jusqu'à 24 nœuds à tirage forcé ; dimensions principales : longueur 32,76 *m*, largeur 4,10 *m*, 50 *tx* au tirant de 1,50 *m* : deux hélices, deux machines triplexes ; 156,7 *m* de chauffe.

Aux États-Unis on construit, non plus un torpilleur ou croiseur, mais un cuirassé de 21 000 *ch* pour vitesse de 22 nœuds, long de 126 *m* sur largeur de 17,63 et 7 275 *tx* au tirant d'eau de 7,20 *m*. Ce sera, croyons-nous, le plus long, le plus effilé, avec le moindre tirant d'eau qui existe en sa classe ; les tôles de la coque sont rivées à doubles rangs, et il y a des sous-bandes aux joints, à cinq lignes de rivets. Enfin, comme particularité, il faut citer les chaudières à quatre foyers sur chaque façade.

C'est en Italie surtout que l'amirauté est prise de la fièvre des vitesses autant que de celle des navires colosses. Elle a eu son torpilleur Thornycroft à vitesse de 22 nœuds dont on n'entend plus parler. Elle a sur un de ses chantiers, pour pareille vitesse de 22 nœuds, l'*Urania*, autre torpilleur, long de 70 *m* sur largeur de 8,80 *m*, tirant 3,12 *m* ; avec deux hélices, quatre corps et chaudières, et cent dix-huit hommes à bord.

Un croiseur italien le *Tripoli* a été construit pour la vitesse de 23 nœuds ; mais les épreuves ont été pénibles et il reste beaucoup au-dessous de ses promesses, malgré sa grande puissance motrice de 160 *ch.* par mètre carré de maîtresse section émergée.

Néanmoins, en Italie, en Allemagne et en Russie, ce sont des navires à 26 nœuds (près de 50 *km.* à l'heure), qui seraient en ce moment plus que projetés.

Etudions ce que coûtent pratiquement ces vitesses.

Elles ont évidemment leur part dans l'habileté de conduite qui utilise les meilleures conditions de la mer et dans l'excellence de la mise au point du navire ; mais les trois facteurs principaux de la vitesse sont la finesse des formes, le développement de la puissance motrice et la rotation du propulseur.

La coque étroite et finement taillée suivant la théorie du coin est évidemment celle qui se prête le mieux à la vitesse puisque la résistance au mouvement des solides dans l'air et dans l'eau est proportionnelle à la maîtresse section ; mais un paquebot ne doit pas seulement courir, il doit porter, être un instrument commercial et bien tenir la mer par tous les temps.

On a vu au tableau comparatif des nouveaux paquebots rapides que non seulement ils n'ont pas une exagération de finesse, mais qu'il y a tendance, au contraire, à augmenter les largeurs et la capacité intérieure : d'où suit un plus grand développement de cette section maîtresse du navire qui entre comme élément dans le calcul de la puissance motrice.

La vitesse a pour second facteur la rapidité de rotation du propulseur dont le chemin parcouru doit être, non seulement égal, mais supérieur à celui du navire en raison du *recul* et autres pertes. Bornons-nous à considérer l'hélice.

Sans vouloir faire dépendre son pas de progression du diamètre, il est cependant vrai que le premier ne peut pas beaucoup excéder le second pour conserver aux ailes une obliquité suffisante. D'où il suit qu'une hélice de 7 *m* au diamètre, comme celle des grands paquebots, a au plus 8,50 *m* de pas moyen, et l'hélice de 2,50 *m* d'un navire à tirant d'eau réduit comme *Seine*, ou les torpilleurs, a environ 3 *m* de pas.

Il n'est pas prudent au constructeur de compter sur une utilisation de plus de 85 0/0 pour la progression propre du navire en circonstance moyenne, ce qui ne laisse que 15 0/0 au recul, au frottement de l'eau et variations d'immersion de l'hélice. C'est sensiblement conforme à la réalité pour la plupart des paquebots dont nous avons pu savoir exactement les données d'hélice. Mais notre vieux maître, François Cavé, qui fit avec l'amiral Labrousse les premières études expérimentales sur les hélices, ne voulait même pas dans ses projets de navire qu'il fût compté une utilisation supérieure à 80 0/0.

Supposons donc une hélice de grand paquebot à pas moyen de 8,50 *m* et une petite hélice de croiseur-torpilleur ou petit paquebot à pas de 3 *m*. Leur pas utile est réduit par le rapport 0,85, savoir : la grande hélice à 7,20 *m* et la petite hélice à 2,60 *m* en nombre rond. D'où on a leur nombre de tours par minute aux diverses vitesses ainsi qu'il suit :

	HÉLICES A PAS DE	
	8,50 *m*	3 *m*
	tours	tours
Pour une vitesse de 18 nœuds par minute. . . .	78	214
— 20 —	87	242
— 22 —	94	261
— 26 —	112	310

On voit quel emportement d'allure aux grandes vitesses doivent avoir les hélices et les machines motrices qui les actionnent. Il peut être acceptable dans les canots torpilleurs et moteurs des dynamos à mouvement d'horlogerie, variétés du système Flaud. Mais c'est une extrémité dangereuse dans les machines colosses, où les organes en mouvement alternatifs pèsent plusieurs tonnes pas ou peu équilibrées.

De là résultent trois graves conséquences de services pratiques:

1° Secousses et vibrations imprimées à la machine et au navire, d'où souvent plainte des passagers et déclinquage du navire s'il n'est pas très solide ;

2° Nécessité d'arroser d'eau froide tous les frottements pour éviter le chauffage et le grippage, ce qui oblige à enfermer tout le mouvement dans un coffre ou bien entre des écrans ; sinon, c'est une pluie continue d'eau chaude et graisseuse plus que désagréable dans toute la chambre des machines, et qui rend impossible cette bonne tenue dont le célèbre mécanicien Ramsbottom faisait une loi importante à tous égards;

3° L'emportement des mouvements rend presque impossible leur inspection : un déréglage insignifiant au début et facile à réparer à vitesse modérée, n'est pas vu à temps avec la rapide rotation. Dans les torpilleurs et les moteurs de dynamos électriques ou de ventilateurs on ne voit pas même la rotation de la machine et le déréglage ne se traduit que par la destruction. Ce sera là toujours l'achoppement des machines à grande vitesse.

Concluons cependant qu'il sera bien difficile de ne pas en venir aux allures d'environ 100 tours d'hélice, dût-on réduire la course et la vitesse du piston dans les grands paquebots rapides.

La puissance motrice est le principal facteur de la vitesse, comme en tout travail de transport:

Nos auteurs, depuis Dalembert, Dubuat, Poncelet et Morin, ont formulé comme loi : que le travail moteur imprimant une vitesse voulue à un solide, tel que le navire, dans un milieu liquide ou fluide, est proportionnel à sa maîtresse section et au cube de ladite vitesse.

Réciproquement, la vitesse que peut prendre un navire est proportionnelle seulement à la racine cubique de la puissance motrice développée.

Il faut remarquer qu'il n'y a pas seulement pour le navire un travail de déplacement d'eau par sa carène immergée. Il y a aussi la résistance de l'air et le frottement latéral, qui augmentent d'après les mêmes lois en même temps que les dimensions et la vitesse.

Avec la multiplicité des étages et des superstructures, un grand paquebot comme la *Touraine* oppose une surface de 200 m^2 hors de l'eau, à l'air, souvent à l'état de vent contraire. L'empêchement à la marche par *vent de bout* est bien connu.

Quant au frottement latéral, il ne semble pas pouvoir faire question et on sait quelle augmentation de résistance à la marche subit le navire qui n'est plus fraîchement caréné, et dont la coque est au contraire incrustée de mousses et de coquilles. Des inventeurs cherchent même à lubrifier la carène pour la rendre glissante, comme la nature l'a fait pour les poissons.

Les vieilles expériences de Galy-Cazalat sur le frottement des flancs du navire l'ont évalué à 1,07 *kg* par mètre carré, à la vitesse de 5 nœuds, 2,50 *m* par seconde. Le colonel Baufoy l'a trouvé égal à 5,84 *kg* par mètre à la vitesse de 13 nœuds, 6,60 *m* par seconde.

Quelle est cette résistance à la vitesse de 20 nœuds, 10 *m* par seconde? Si elle croît en simple proportion, elle serait égale à 9 *kg* par seconde, soit pour les 3900 m^2 de la carène dessous compris, de la *Touraine*, résistance du frottement latéral $3900 \times 9 = 35100$ *kg*, alors qu'à la vitesse de 13 nœuds l'évaluation déterminée par Beaufoy donnerait 22775 *kg* à égalité de surface. Et ce pour le frottement seul dans l'eau, auquel doit s'ajouter le frottement dans l'air de surfaces plus grandes encore.

La puissance motrice croît donc considérablement avec la vitesse, et du fait même de celle-ci et du fait des grandes dimensions qu'on devra donner à la coque, ainsi qu'on le verra ci-après.

Toutefois, il paraît admis qu'aux très grandes vitesses, le travail résistant croît un peu moins que dans le rapport du cube de

ladite vitesse ; ce qu'on s'explique en observant les ondes produites dans le sillage du navire autour de lui.

Ce n'est guère possible au milieu de l'agitation des vagues ; mais, en mer calme, en rivière, sur les lacs suisses, on constate facilement dans la marche du navire à ses diverses vitesses les trois phases caractérisées qui suivent :

1° A très faible vitesse, l'eau s'ouvre au passage du navire et se replace derrière lui sans aucun trouble apparent ; et on sait qu'il suffit d'un très faible effort pour le mouvoir : deux hommes au petit pas tirent un gros chaland, même entre les berges d'un étroit canal.

2° Si la vitesse du navire s'accélère, il se produit autour de lui une violente perturbation de la masse liquide, correspondant évidemment à une dépense de travail mécanique que cède le mobile. A l'avant, c'est un gonflement, un refoulement qui s'accuse très sensiblement sur les berges peu éloignées d'un lit de cours d'eau ; des deux côtés de l'étrave, un flot se brise et jaillit ; latéralement, contre les murailles du navire, c'est une suite d'ondulations et vagues qui frottent contre ses murailles et les compriment ; il y a même une zone liquide entraînée dans le sillage. Enfin, à l'arrière du navire, c'est une agitation bien plus tumultueuse encore : ce sont des vagues, des remous, des tourbillons, qui se continuent très loin après son passage et qui sont d'une grande puissance de destruction sur tout ce qui les arrête dans le voisinage.

Tous ces troubles, d'abord peu sensibles, à vitesse de 1 à 2 *m* par seconde, paraissent avoir leur maximum vers la vitesse de 6 à 7 *m*, 13 à 14 nœuds. Ce n'est évidemment pas un seul effet du propulseur, puisque ces phénomènes furent observés par Morin, dans la marche des bateaux à traction de chevaux sur la Seine et sur le canal de l'Ourcq.

3° Autour du paquebot à grande vitesse, 16 nœuds au moins, 8 *m* par seconde, cette agitation tumultueuse de l'eau est beaucoup moindre, ou, du moins, elle n'accompagne pas le navire et ne se manifeste que loin derrière lui. Le paquebot passe comme le projectile de plein fouet, qui ne laisse qu'une simple trouée dans une paroi traversée, comme la balle de fusil en toute vitesse qui ne casse pas la vitre et n'y fait qu'un simple trou de son diamètre, parfois même sans le rayonnement bien connu. Toute autre est la destruction du projectile à vitesse amortie déjà.

De ce calme relatif de l'eau autour du navire en grande vitesse

on peut conclure qu'il fait un formidable volant et qu'il a moins le temps de céder à la masse liquide le travail mécanique dont il est lui-même pourvu.

Ces observations ne sont pas nouvelles. M. Jousselin, en sa communication à la Société sur l'inauguration de la *Touraine* et sur le voyage d'essai de Saint-Nazaire au Havre, a relaté ce phénomène de tranquillité de l'eau autour du navire en grande vitesse. Des commandants de navires m'ont affirmé que c'était pour eux tous un fait d'expérience. Il m'a été permis de le constater avec un des paquebots rapides de la Méditerranée par magnifique traversée de nuit en mer calme et phosphorescente qui accusait très bien ce phénomène d'agitation variant avec la vitesse. Enfin M. Delaitre a fait les mêmes observations sur son paquebot la *Seine*, l'un des plus rapides qu'on connaisse : une photographie instantanée du navire en pleine marche a été tirée ; l'eau est si calme autour de lui qu'on pourrait le croire stoppé, si la longue traînée en arrière n'accusait le sillage.

Ceci posé, il sera intéressant de suivre dans un même tableau l'accroissement de puissance motrice en raison de la vitesse du navire.

Une formule usuelle nous permet facilement de faire ce calcul. Chaque ingénieur, chaque chantier a souvent sa formule. Celle qui est choisie ci-après, appelée quelquefois formule française, est analysée au traité de M. Ledieu. Nous nous sommes assuré par de nombreuses comparaisons avec des puissances connues de paquebots en service, qu'elle correspondait pour le praticien, à une approximation suffisante ; car, pour avoir une exactitude absolue, il faudrait que le navire fût toujours rigoureusement dans les mêmes conditions de mer, de charge, de mise au point de conduite, etc., ce qui est impossible en mer

Il faut donc dans la pratique se contenter d'une approximation même assez large. Dans les meilleures conditions le navire aura plus de vitesse, ou pour celle-ci il aura besoin d'un peu moins de puissance motrice. Avec la réunion de conditions de service moins bonnes, le constructeur ne sera pas trop au-dessous de ses promesses. C'est tout ce qu'on peut espérer avec les variations si larges des traversées maritimes.

Les quatre facteurs de la formule française ou de Ledieu sont : la puissance en chevaux de 75 *kgm* relevée sur les pistons, à l'indicateur de Watt, ce qu'on appelle la puissance indiquée ; la vitesse en nœuds correspondant aux milles marins de 1 852 *m*

parcourus par heure; la maîtresse section immergée du navire en mètres carrés ; enfin un coefficient d'utilisation pouvant varier avec chaque navire et chaque circonstance de navigation.

Pas de difficulté pour la vitesse en nœuds, ni pour la puissance en chevaux.

Quant à la maîtresse section immergée du navire relative à un tirant d'eau donné, elle peut être constante en eau calme, mais non en mer plus ou moins agitée. Le navire tantôt émerge et la section immergée est réduite; tantôt il plonge et la section immergée peut être celle de tout le navire y compris les superstructures.

Comme il faut au calcul une base déterminée, on prend la section immergée correspondante, en eau calme, au tirant d'eau réglementaire et inscrite en échelle aux deux bouts de la coque.

La valeur du coefficient d'utilisation varie aussi non seulement avec chaque navire, mais avec les diverses situations et états dans lesquels il navigue. Le recherchant en nombreuses circonstances diverses, Ledieu a donné à ce coefficient, qu'on exprime usuellement par la lettre M, une valeur qui varie de 3,75 à 4,90; les valeurs élevées s'appliqueront aux navires les plus parfaits, les plus fins, et surtout les plus rapides, réunissant au mieux toutes les qualités nautiques et les bonnes conditions de service.

Pour le cas particulier des grands paquebots rapides, on a en moyenne la valeur $M = 4$.

La Compagnie Transatlantique, qui a mis ses relevés officiels à notre disposition avec le libéralisme qu'on connait, nous a permis de relever la valeur du coefficient M applicable à presque toute sa flotte. Il est ressorti de cette étude que la valeur précitée $M = 4$ est une moyenne assez générale, et que par la bonne qualité de ses constructions et de leur entretien courant il n'est pas rare d'avoir la belle utilisation $M = 4{,}30$.

Ainsi se trouve donc justifiée l'hypothèse ci-dessus, à savoir qu'aux très grandes vitesse la puissance motrice dans la navigation croit un peu moins qu'en raison du cube de ladite vitesse.

Suivent les formules :

1° Vitesse d'un navire donné, ayant sa puissance motrice indiquée :

2° Puissance motrice indiquée pour imprimer une vitesse voulue :

$$V = M \sqrt[3]{\frac{F}{B}} \quad \text{et} \quad F = \frac{V^3}{M^3} B$$

Dans ces deux formules sont désignés par :

V la vitesse du navire en nœuds, correspondant au mille marin de 1852 mètres ;

F la force relevée à l'indicateur sur les pistons, en chevaux de 75 kgm ;

B section immergée du navire ou tirant d'eau en mètres carrés (1) ;

M coefficient d'utilisation, variant, comme il précède, de 3,75 à 4,90 et pris en moyenne à M = 4.

Appliquons à titre d'exemple la deuxième formule à la *Touraine* en l'un de ses voyages, où les données ont été exactement relevées comme suit :

Section B = 104,78 m^2 ;
Vitesse V = 18 nœuds 33 ;
Coefficient M = 4,15.

La deuxième formule ci-dessus donnera la puissance indiquée, correspondant à la vitesse de 18 nœuds 33.

$$F = \frac{18{,}33^3}{4{,}15^3} \times 104{,}78 = 8839 \text{ } ch.$$

Dans la réalité la puissance développée en moyenne a été de 8819 *ch*, soit une différence de 20 *ch* avec les données de la formule.

Pareille application de la formule à un autre paquebot, la *Bretagne*, en un de ses voyages, fournit les données suivantes :

Section immergée, 93, 46 m^2 ;
Vitesse, 16 nœuds 90 ;
Coefficient M. 3,94 ;
D'où la formule donne la puissance motrice :

$$F = \frac{16{,}9^3}{3{,}49^2} \times 93{,}46 = 7.365 \text{ } ch.$$

La puissance réelle indique que la moyenne de la traversée a été de 7432 *ch*. C'est une différence en plus de la formule égale à 67 *ch*, soit moins de un centième.

Ces deux exemples, auxquels on pourrait en joindre un grand nombre, permettent d'accepter les formules ci-dessus comme moyenne d'approximation, suffisante pour la pratique.

(1) Ordinairement, on indique dans la formule le facteur de la section immergée en la forme B^2. Ceux qui n'ont pas la pratique fréquente de la formule s'y trompent et, *a priori*, pensent qu'il s'agit d'élever au carré la section immergée, ce qui n'est pas. Sans relater comment on a été amené à ce facteur B^2, nous prenons la liberté, sans nous croire aucune autorité, pour éviter toute erreur aux demi-praticiens, d'insérer simplement dans la formule le facteur B, suppression faite de l'exposant sujet à erreur.

C'est par la seconde formule ci-dessus que nous pouvons dresser le tableau des puissances motrices de trois types de paquebots, depuis les petites vitesses jusqu'aux vitesses formidables qu'on se propose d'obtenir des paquebots rapides. Prenons trois types, à peu près tels que la *Touraine*, *City of Paris* et *Seine*, ou croiseurs à faible tirant d'eau. Supposons le coefficient d'utilisation M = 4 dans les trois cas, la section immergée ou tirant d'eau respectif étant en nombre rond :

$$B = 110\ m^2;\ 140\ m^2 \text{ et } 24\ m^2.$$

Tableau des puissances motrices aux diverses vitesses.

VITESSE en NŒUDS	PUISSANCE EN CHEVAUX			PUISSANCE par MÈTRE DE SECTION
	1 B = 110	2 B = 140	3 B = 24	
10	1 718	2 187	375	15,60
12	2 800	3 560	610	25,50
14	4 720	6 006	1 030	43,90
15	5 732	7 295	1 250	52
16	7 040	8 960	1 536	64
17	8 443	10 746	1 842	77
18	10 023	12 756	2 186	91
19	10 720	14 980	2 500	107
20	13 750	17 500	3 000	125
21	14 470	20 258	3 473	144
22	18 300	23 291	3 999	166
23	20 900	26 600	4 560	190
24	23 400	29 780	5 105	212
25	24 510	33 740	5 784	241
26	30 208	38 446	6 590	274,5

On voit par ces tableaux dans quelle énorme proportion la puissance motrice croît avec la vitesse et ce que coûte celle-ci dans la navigation rapide. Un instrument de transport doit toujours pouvoir au besoin donner ce qu'on appelle son *coup de collier*. Un paquebot à vitesse de 20 nœuds soutenue en service courant doit pouvoir fournir au besoin et aux essais au moins 21 nœuds, soit une puissance motrice en nombre de 14 500 *ch* pour le type *Touraine* et 20 300 *ch* pour le type *City of Paris*, ce qui est, en effet, conforme à la réalité des traversées moyennes. Ce que serait, aux vitesses de 25 et 26 nœuds, même un croiseur torpilleur à faible tirant d'eau, en l'état actuel de la science, semble une fantasmagorie.

Ce que coûte donc, tout d'abord, la très grande vitesse dans la navigation, c'est un énorme développement de puissance motrice

et la très rapide rotation d'hélice qui a été calculée ci-dessus, avec les conséquences suivantes : Augmentation des dimensions de navires ; Consolidation de la construction ; Énormité des machines ; Énormité des chaudières ; Elévation des pressions et températures ; Considérable provision de combustible ; Augmentation du personnel de service. Nécessité de perfectionner les signaux et facultés d'évolution.

I° Les dimensions du navire rapide doivent être considérablement augmentées, d'abord au point de vue technique, pour porter les appareils moteurs et propulseurs dont on vient de considérer la puissance, ainsi que leurs provisions de route plus lourdes et plus volumineuses comme on le verra ci-après.

Une raison commerciale oblige d'autre part à augmenter les dimensions du navire rapide pour loger l'accroissement en fret et en passagers qui doit compenser la plus-value de premier établissement et des frais d'exploitation.

D'où cette conséquence que la grande vitesse n'a de raison d'être que sur les lignes principales assurées d'un trafic compensateur. A son défaut, un paquebot ne promène son pavillon que pour l'honneur et il est bientôt la ruine de l'armateur si ce service de luxe n'est pas pour ainsi dire noyé dans l'ensemble d'une exploitation rémunératrice, comme les chemins de fer ont leurs trains express au milieu des trains omnibus et de marchandises. Nous avons déjà fait remarquer quelle désespérante supériorité dans la concurrence internationale ont certains peuples qui, par la multiplicité de leurs Compagnies et leur intarissable clientèle, peuvent répartir entre elles les charges onéreuses de la grande vitesse, que l'unique Compagnie d'autres nations est obligé de supporter seule.

II° La consolidation de la construction est spécialement nécessaire dans les navires à grande vitesse pour résister aux vibrations et à la fatigue des énormes appareils en mouvement qu'ils portent. La liste serait longue des paquebots déclinqués au bout de courtes années de service parce qu'ils avaient été traités trop comme les constructions ordinaires.

Faire plus solide et plus rigide, c'est fortifier les tôles et les membrures, les rivures, les attaches et armatures ; mais alors on fait plus lourd, et on augmente le tirant d'eau qu'on s'applique au contraire à réduire.

La substitution de l'acier au fer est un grand progrès, qui a permis d'alléger les coques et machines. On espère mieux encore de l'acier au nickel et peut-être un jour de l'aluminium.

D'autre part, on étudie avec des soins nouveaux les combinaisons faisant jouer le rôle d'armature, et d'entretoisement aux pièces de mobilier et aux cloisons d'aménagement ainsi que des dispositions de membrures empruntées aux ponts en treillis qui ont une si remarquable rigidité sur une très grande longueur et en même temps une grande légèreté relative.

III° Les dimensions de machines portées au tableau ci-dessus des nouveaux paquebots rapides montrent quelle est leur énormité ; et cependant la force motrice est divisée en deux machines jumelles. Il est intéressant de voir ce que serait une machine unique de 20 000 *chx* du système ordinaire à triple expansion et trois cylindres, avec 5 pieds anglais pour la course des pistons, à l'allure de 90 tours d'hélice.

Par les calculs que chacun peut faire, on arrive sensiblement aux diamètres de cylindre qui suivent :

	Diamètre.
Cylindre à haute pression	1,630 *m*
— à moyenne pression.	2,580
— à basse pression	4,100
Tige de piston	0,395
Arbre moteur	0,900

Il n'est plus impossible de forger un pareil arbre avec l'outillage actuel des fabriques de canons ; mais des cylindres de 4,10 *m* intérieur, 4,30 *m* au dehors avec les collets et les nervures, et pesant au moins 50 *t*, sont d'une réussite difficile en fonderie, exposés à des soufflures et gerçures au refroidissement.

Il est à remarquer qu'en ces derniers temps, la marine a cassé beaucoup de cylindres ; ce sont particulièrement les grands cylindres, qui supportent le moins de pression et d'écarts de température ; ce qui ne vient sans doute que de leur fabrication. C'est l'un de ces grands cylindres qui a déterminé l'avarie mémorable de *City of Paris*. Par contre, les cylindres à haute pression s'ovalisent dans le sens du travers.

Ce qui est vrai des trop grandes dimensions des cylindres l'est, *a fortiori*, des organes en mouvement dans la rotation rapide des hélices, à laquelle correspondent des vitesses de piston de 5 *m* par seconde et qui sont peu ou pas équilibrées.

IV° Les pressions de vapeur élevées à 10 *kg*, et même à 13 *kg*, des machines à triple expansion, en attendant la quadruple expansion, sont devenues la loi de toute la marine.

La triple expansion a fait à la Société des Ingénieurs Civils l'objet de nombreuses et savantes communications. Les considérations économiques ne se discutent plus ; mais on ne regarde pas avec absence de toute émotion, dans un navire en pleine mer, ces pressions de 100 000 et 130 000 *kg* par mètre qui font des douze corps de chaudière d'un grand paquebot autant de réservoirs de dynamite ; non plus que ces cylindres épais de 0,05 *m* et ces tôles de chaudières qui ont de 38 à 40 *mm*. Quatre systèmes nouveaux sont actuellement proposés et plus ou moins pratiqués.

1° Tôles d'épaisseur modérée superposées à la mode du frettage des canons. C'est un système italien.

2° Très grande table de tôle cintrée faisant entièrement le cercle et formant virole fermée par une seule rivure à deux ou trois rangs. On a vu qu'en Angleterre on emploie, pour la construction des coques, des tables de tôles d'acier longues de vingt pieds sur six pieds de large. Elles servent aussi aux chaudières.

3° Des viroles d'acier doux sont faites sans soudure ni rivure au diamètre de chaudière voulue suivant le système des bandages de roues de locomotives.

4° M. Mallet, dans une de ses chroniques de 1890, relate le projet d'un système dit à contre-pression, dans lequel la chaudière serait faite de deux enveloppes concentriques avec espace intermédiaire dans lequel serait exercée une pression de vapeur, d'air ou eau comprimée qui contrebalancerait dans une certaine mesure la très haute pression intérieure de la chaudière sans qu'il soit besoin de la contenir par d'aussi épaisses tôles.

La température voisine de 200°, correspondant à la très haute pression des machines à triple expansion, caractérise les nouveaux paquebots, et elle a les conséquences suivantes qui sont une des grandes difficultés de la marine actuelle.

1° La grande chaleur engendrée dans tout le navire, surtout quand tout est clos par gros temps, donne lieu aux plaintes des passagers, à l'avarie du fret, à la fermentation de certaines matières dont celui-ci se compose et au danger des incendies spontanées. Dans les chambres de machines et dans les chaufferies, il n'est pas rare que le thermomètre marque 50° et plus, à la grande souffrance du personnel et au grand préjudice de la bonne conduite des feux.

Il faut toute l'abnégation des marins de l'amirauté pour demeurer dans certains torpilleurs (1) et des tempéraments exceptionnels pour fournir des chauffeurs à la nouvelle marine commerciale.

2° Le second effet des hautes chaleurs est d'altérer les lubrifiants, non seulement ceux débités sur les surfaces frottantes, mais ceux qu'on tient en provision dans le voisinage des machines et chaufferies et même dans les endroits frais du navire s'il en reste encore.

Sans doute la nature a fait des huiles pour tous les climats :

Le colza et autres de même famille ne gèlent qu'à très basse température, mais perdent leur onctueux à la chaleur ; ce sont les lubrifiants des milieux froids et tempérés. L'olive et ses congénères figent au contraire à + 6°, mais ont encore à 100° leurs propriétés lubrifiantes. D'où il suit que non seulement la marine est limitée dans le choix de ses huiles, mais qu'il faut en général craindre leur dénaturation aux hautes températures actuelles des navires ; comme l'a déjà remarqué, en sa Chronique de février 1891, notre camarade Mallet, on recommande aujourd'hui l'huile minérale, de préférence surtout aux huiles animales qui se décomposent encore plus que les huiles végétales.

Cette décomposition des corps gras n'intéresse pas que les frottements mécaniques : elle est dangereuse à d'autres titres, ainsi que M. Normand l'a indiqué en sa communication de décembre 1890 ; c'est par ce fait des huiles décomposées à la chaleur et mêlées à l'eau des condenseurs retournant aux chaudières, que celles-ci sont dangereusement attaquées.

3° Les garnitures des joints des nouvelles machines à très hautes pressions ne comportent plus que les segments métalliques et l'amiante ; la filasse de chanvre ou de lin et le caoutchouc sont détruits ; les garnitures d'alliage blanc à base d'étain, de plomb ou de bismuth, si douces comme frottements, sont exposées à fondre. Il n'y a pas jusqu'aux enveloppes des cylindres, tuyaux et chaudières faites en bois et en feutre dont il ne soit nécessaire de se défier avec les très hautes températures actuelles de la vapeur : on sait que le bois commence à brunir à température ambiante de 130°. On vient de signaler un cas d'incendie des enveloppes du cy-

(1) On se rappelle que dans la campagne de Crimée, treize des *batteries flottantes* ont été mises hors de service en raison de la chaleur intolérable des chambres de machines auxquelles on ne pouvait pas donner les soins voulus. C'est ce qui est arrivé plus récemment pour des torpilleurs vraiment inhabitables et on sait que des paquebots, les plus beaux de la nouvelle marine commerciale, ont été empêchés ainsi de donner toute leur puissance et toute leur vitesse.

lindre d'un navire, qui n'a pu s'expliquer que par un phénomène de combustion spontanée.

Que sera donc la marine projetée à quadruple expansion avec pression initiale de 15 *kg* au moins!

Dans l'état actuel le navire a besoin de procédés d'aérage et rafraîchissage qui le ramènent aux conditions passées des machines à pression modérée. Ce n'est pas une simple question de manches à vent; c'est tout un ensemble de dispositions nouvelles, à peu près à trouver, pour enfermer la chaleur dans ses récipients et pour rendre habitables les chambres de chauffe et des machines.

L'installation ventilatrice du paquebot *la Seine*, avec ses cheminées d'appel, a été relatée. Elle paraît avoir fait ses preuves pour les courtes traversées d'un navire où, d'ailleurs, tout avait été prévu et où chaque chambre de chauffe n'a relativement que peu de foyers. Le procédé sera-t-il suffisant dans les grands paquebots à dix-huit foyers par chambre de chauffe où il arrive que les portes rougissent, et pour des voyages au long cours? Nous savons que l'étude en est faite au moins dans plusieurs des navires dont le service est si contrarié par les températures des très hautes pressions de vapeur. On ventile bien des galeries de mines, voisines de régions embrasées; pourquoi les mêmes procédés seraient-ils refusés aux chaufferies de navires sous leurs cinq étages de ponts?

V° Les dimensions des chaudières, bien plus encore que les machines, deviennent excessives : celles des grands paquebots actuels atteignent des poids et occupent un emplacement vraiment démesuré, au préjudice du chargement utile et commercial.

Le poids est de près de 1 500 *tx* en ordre de marche avec tous accessoires, installations, cheminées, tuyauterie, eau et charbon sur la grille. Les neuf chaudières vides de *la Touraine* pèsent 533 *tx*, plus 415 *tx* de garnitures et accessoires. Les neuf doubles corps du *City of Paris*, avec chambres et allées de service, occupent 31 *m* dans la longueur de la coque, toute sa largeur et à peu près toute la hauteur sous le maindeck et un tiers de l'espace aux étages supérieurs; le tout, non compris les soutes et les logements des employés de chaufferies.

Le tirage forcé a augmenté considérablement la puissance des chaudières marines à égalité de volume et permet ainsi une grande réduction dans les nouveaux paquebots. La Société des Ingénieurs a consacré sa séance de mars 1890 à la discussion du tirage forcé

dans les chaudières marines. Il permet, suivant M. Demoulin, de brûler 250 *kg* et jusqu'à 500 *kg* de houille par mètre de surface de chauffe, lorsqu'on n'en consomme guère que 50 *kg* à tirage naturel, étant admis cependant que 200 *kg* sont la consommation moyenne et normale avec tirage forcé par ventilateurs à 1 200 tours par minute.

D'autre part, le tirage forcé est contesté au point de vue de la durée des chaudières coûtant un million; quoique nouvelles, elles sont déjà bien fatiguées. Ajoutons que le tirage forcé échauffe les cheminées au delà des 300° suffisants, et qu'elles projettent des flammes dangereuses au milieu des voiles, cordages, canots, etc. Enfin, si on a trop tard arrêté les ventilateurs soufflant les feux, il se produit une trombe de vent dangereuse pour les chauffeurs au moment où ils ouvrent les portes du foyer pour charger ou ringarder.

Des Ingénieurs ont conclu à préférer des cheminées à très énergique tirage naturel, nécessairement d'énorme diamètre, et ayant une hauteur qui va jusqu'à 36 et 40 *m* au-dessus des grilles, soit 25 à 30 *m* au dehors, au-dessus des ponts. Ainsi seraient disposés les nouveaux paquebots à 12 000 *ch* de force de la Compagnie Orientale Anglaise, où les cheminées sont soutenues chacune par dix-huit chaînes.

VI° Les consommations de route des paquebots à grande vitesse prennent en poids et en volume une place considérable au préjudice du chargement utile. Ne parlons que du combustible. Les machines très étudiées et soignées consomment aujourd'hui moins de 1 *kg* par cheval-heure indiqué. On est descendu, aux essais, au-dessous de 750 *g;* mais tant d'incidents, sinon d'accidents, peuvent faire dépasser les prévisions, qu'il serait téméraire d'évaluer la consommation par cheval-heure au-dessous du kilogramme, en ajoutant même la consommation entière d'une journée de voyage en plus. Soit, pour les 12 000 *ch* de *la Touraine*, 288 *t* par jour et 2 304 *t* en soute pour huit jours de voyage, compris le jour en plus, pour la propulsion seule; à quoi s'ajoute la consommation des machines accessoires demandant de 10 à 15 *t* par jour.

En tout à peu près 2 400 *t* en nombre rond, coûtant, à raison de 24 *f* la tonne en soute, 57 600 *f*, et tenant la place d'un fret considérable.

Il est vrai d'ajouter que, par l abréviation, des traversées, on

diminue les jours de consommation. La *Touraine* à vitesse de 14 nœuds, soit 336 milles marins par jour, ferait son voyage de 3 150 milles en neuf jours et demi, nombre rond, avec une puissance motrice de 4 720 *chx* (voir le tableau ci-dessus); à quoi correspondent 114 *t* de houille consommée par jour et 1 200 *t* en soute pour dix jours et demi. D'où on voit qu'en un paquebot donné il est toujours très dispendieux de précipiter sa vitesse, car au combustible s'ajoutent dans les mêmes proportions les consommations de matières grasses et autres, ainsi que l'usure et l'entretien.

VII° *Le personnel* ou équipage des machines et chaudières est une des charges considérables de la navigation à grande vitesse. Le travail a pu être réduit par les engins mécaniques : servo-moteur, monte-cendres et autres élévateurs; par les wagonets sur voies Decauville, pour les manutentions du charbon, etc.

Le service des chaufferies et machines n'en exige pas moins 144 hommes dans *City of Paris*, coûtant 15 000 *f* de salaire par mois, plus le logement, la nourriture, les indemnités et autres accessoires. Dans ce personnel sont compris 64 chauffeurs et 54 soutiers, divisés en six équipes à quatre heures de service et ne pouvant avoir plus de quarante-trois ans d'âge.

Les machines proprement dites occupent 26 mécaniciens, graisseurs, pompiers, alimenteurs, électriciens, ajusteurs pour les réparations; divisés en trois équipes. Ce n'est pas excessif. Mais le considérable personnel des chaufferies exige évidemment une révolution dans le travail.

Quand on en viendra aux combustibles liquides ou gazeux, proposés et même employés, paraît-il, en Amérique, en Russie et sur le Danube, le travail actuellement si laborieux des chaufferies ne sera plus guère qu'une manœuvre de tuyauterie et de robinetterie. Avec la houille, on a proposé d'appliquer aux chaudières marines soit le chargement et le ringardage mécanique par des appareils du genre du repoussoir des fours à coke, soit un de ces puiseurs aux soutes amenant ensuite automatiquement la houille en hotte-entonnoir débitant leur contenu sur grille inclinée, où le combustible descend de lui-même vers le fond comme dans certains foyers de locomotive. Une curieuse installation de ce genre est décrite dans l'*Engineer Journal* de 1890 pour les 48 foyers des chaudières d'une filature, qui ne sont pas sans analogie avec les chaudières marines.

VIII° *Perfectionnement des signaux et facultés d'évolution.* — Avec les grandes vitesses, la mer ressemble à un chemin de fer n'ayant ni frein ni signaux à distance. On sait comme ceux-ci ont dû être perfectionnés avec la multiplicité des trains et leur accélération.

Les nouveaux paquebots ont sans doute de puissantes facultés d'évolution et d'évitement avec les hélices jumelles indépendantes, leur énergique gouvernail et les servo-moteurs actionnant celui-ci et le renversement en marche des machines. Mais quand le navire est lancé à toute vitesse, cela est bien insuffisant si un autre navire ou un écueil n'a pas été reconnu de très loin.

Parmi les propositions de freins est celle de substituer au gouvernail d'arrière deux gouvernails latéraux du système dit équilibrés de part et d'autre de l'axe, et qui, se présentant en travers immédiatement à volonté du timonier par l'action ordinaire de son servo-moteur, offriraient à l'eau la résistance d'une vaste surface. Ces propositions de frein de navire dont celle qui précède n'est pas la plus étrange et qui sont toutes émanées de personnes connaissant la mer, montrent combien l'on se préoccupe du danger de la grande vitesse dû à l'impuissance d'arrêt rapide du navire en face d'un obstacle aussitôt atteint que reconnu.

Les signaux à distance laissent bien des problèmes à résoudre. On en est encore à l'obligation de stopper en temps de brume, ou tout au moins de ralentir, en neutralisant ainsi tout le programme de la grande vitesse. Des règlements internationaux ont été faits et d'autres sont préparés sur les rencontres de navires en mer et sur les moyens d'atténuer le péril des collisions. C'est quelque chose assurément; c'est beaucoup peut-être pour les navires dont l'impulsion peut être plus ou moins maîtrisée ; mais qu'est-ce que tout cela pour le péril d'un paquebot du poids de 15 000 *t* à la vitesse de 10 *m* par seconde ?

De ce qui précède résultent deux conclusions :

1° Dire que la navigation à grande vitesse a donné son dernier mot, ce serait nier le progrès et oublier l'histoire. Mais ce qui est certain, c'est qu'en l'état actuel de la science la grande vitesse exige des instruments dont l'exploitation n'est presque plus commerciale, dont on ne sait encore ni la durée ni même toute la sécurité.

D'où il suit qu'avant d'entrer dans la voie des vitesses projetées plus grandes encore, il faudrait laisser faire ce qu'on nomme à la Bourse le *tassement* pour les valeurs qui ont vivement haussé ; c'est-à-dire laisser les constructeurs, les équipages et même le

public s'acclimater aux nouveaux paquebots trop récents encore pour être jugés et parfaitement maniables.

C'est prudent pour la marine commerciale qui n'a pas à promener son pavillon pour la gloire; c'est une question d'intérêt national pour la marine militaire, où l'on ne s'interroge qu'avec émotion sur la valeur pratique de ces cuirassés, croisseurs et torpilleurs de systèmes si variés et ayant coûté tant de millions, mais dont pas un seul n'a été jugé dans une campagne décisive.

2° La seconde conclusion de l'étude qui précède et qui commande encore plus la prudence est que très probablement, avant peu, on fera *autre chose* et que les constructions trop pressées, sans sortir sensiblement des systèmes actuels, risquent d'être démodées presque aussitôt leur mise en service. Le sentiment général est qu'il faut une *révolution* dans l'art naval.

C'est à la revue des nombreuses propositions de transformations déjà formulées pour un avenir plus ou moins prochain qu'est consacrée la quatrième partie ci-après.

IV

Examen des propositions pour la marine de l'avenir.

De nombreuses transformations qui s'imposent principalement pour les navires à grande vitesse; quelques-unes sont relatées dans ce qui précède, savoir :

1° L'emploi d'un métal encore au-dessus de l'acier actuel, qui vient d'opérer une première révolution dans la construction, pour faire à la fois solide et léger. On parle de l'acier au nickel et, pour un avenir moins prochain sans doute, des alliages à base d'aluminium dont on sait la faible densité.

2° Dans le même but de faire léger et rigide, on s'est demandé si les membrures parallèles de la coque qui soutiennent le bordé, ne pourraient pas emprunter le principe du croisement qui caractérise les ponts en treillis si remarquables par leur rigidité sur de très grandes longueurs avec relativement peu de matière.

3° C'est des générateurs de vapeur qu'on a dit surtout qu'une transformation radicale s'impose par leur énormité, leur épaisseur de tôle, leur formidable pression intérieure, la chaleur intense qu'ils communiquent dans le navire, leur considérable personnel de service et le travail plus que pénible de celui-ci. On a vu ci-dessus

les propositions de faire les enveloppes extérieures en viroles laminée, sans soudure ni rivure ; les tôles superposées comme dans le frettage des canons suivant un mode italien et les chaudières à double enveloppe avec contrepression entre deux, relatées aux chroniques de Mallet (*Bulletin* de 1891). On pouvait aussi fonder des espérances sur les chaudières dites inexplosibles du système Belleville et autres. On en a même fait des applications dans des paquebots; mais la communication faite à la Société des Ingénieurs Civils par M. Compère n'est pas encourageante.

4° Quant au travail excessif imposé à un personnel en nombre excessif aussi, dans les chaufferies où règne une chaleur d'étuve, on a proposé les appareils automatiques appliqués déjà à diverses industries ; ou bien les combustibles liquides ou gazeux réduisant le service du chauffeur à une simple manœuvre de tuyauterie et robinetterie avec peu de personnel, solution sur laquelle nous allons revenir. Quant à la température excessive des chambres, si les enveloppes de bois et de feutres ne sont plus possibles, il y a l'amiante, à la vérité non abondante dans la nature, et la scorie vitreuse filiforme dite *laine* minérale. Il y a aussi les parois enfermant les chaudières et enfin les ventilateurs qui rendent supportable le travail dans des galeries de mines voisines de régions embrasées.

5° La machine motrice laisse peut-être plus de marge à l'accroissement des vitesses, sans trop sortir des systèmes actuels, par le dédoublement, l'accélération des mouvements et les hélices jumelles, en attendant les hélices triples et quadruples déjà proposées ; mais il n'est pas besoin de faire ressortir quels expédients dangereux sont ces allures emportées d'organes en mouvements alternatifs pesant plusieurs tonnes peu ou pas équilibrés, ces frottements et ces arbres porte-hélices qui sortent de la coque sur 20 *m* de long dans les grands paquebots, sont exposés à toutes sortes d'accidents, et qu'on ne peut ni surveiller ni entretenir, si ce n'est au port, par entrée à la cale de carénage.

Enfin on propose la machine à quadruple expansion en attendant plus, avec pression initiale de 14 à 16 *kg*. Il en existerait même des spécimens, dont un paquebot long de 95 *m* sur 11,60 *m* de large construit en 1889 à Sunderland, où la machine comporte quatre cylindres à diamètre de 0,40 *m*, 0,51 *m*, 0,78 *m* et 1,28 *m*, qui sont placés en ligne, et où la vapeur à pression de 14 *kg* se détend successivement. Nous n'avons pu savoir si ces paquebots sont encore en service ni comment ils se comportent. Déjà la

triple expansion engendre dans le navire une intolérable chaleur; comment est-il obvié à la chaleur plus grande encore avec la quadruple expansion et quelle épaisseur de tôle ont les chaudières dont celles de la triple expansion ont déjà près de *4 cm?*

On annonce *les derniers jours de la machine à vapeur :* Les chroniques de Mallet au *Bulletin* de la Société relatent des conférences qui ont eu lieu sur ce sujet dans les premières assemblées savantes. C'est trop désespérer d'un appareil qui, depuis son point de départ, a une si merveilleuse histoire de perfectionnements et qui utilise encore si peu le calorique développé.

La Société des Ingénieurs s'est beaucoup occupé de la machine à vapeur, quoique en dehors de son application à la marine. Depuis trois ans elle a reçu dix-huit principales communications, dont celles de M. Casalonga, Lencauchez, Normand, Jouffret, Compère, Demoulin, sans compter les chroniques de Mallet, dont un certain nombre traite des machines marines à vapeur.

Il faut bien reconnaître que ces très remarquables études ont surtout analysé l'énorme écart entre les calories offertes par la nature dans le morceau de charbon et les calories utilement employées en travail moteur. Ce qui ressort le mieux de ces savantes études, c'est l'invitation à rechercher cet *autre chose* dont on attend la révolution de la marine actuelle.

Exposer la multitude des propositions faites en ces derniers temps dans ce but, serait la matière d'un volume et une tâche au-dessus de nos forces. Mais on ne peut se dispenser de relater les principales, tout au moins sommairement, en attendant les communications et études promises par les spécialistes à la Société des Ingénieurs Civils; au besoin il faudrait les provoquer.

Il doit d'abord être entendu que la responsabilité du projet reste à son auteur et que l'exposé qui va suivre n'emporte pas conclusion même à l'essai. Quelque étrange qu'il paraîtra peut-être, ne condamnons pas trop vite le principe. Il peut être d'application impossible en ses formes actuelles, autant qu'était inapplicable à la marine la première machine à vapeur de Watt avec ses chaudières en fourneau de maçonnerie; mais l'exemple de celle-ci prouve bien qu'un principe juste trouve tôt ou tard son outil approprié.

Une seconde observation préliminaire est que la question de la transformation de la marine ne se pose que pour la très grande vitesse exigeant une puissance propulsive dont les machines sont hors de proportions avec les dimensions possibles de la coque.

Dans les conditions modérées de la navigation, la machine à vapeur actuelle reste jusqu'à nouvel ordre un outil économique et pratique qui continuera sans doute à suivre sa carrière de progrès et dont la transformation profonde ne s'impose pas comme pour le cas des très grandes vitesses. Une machine à triple expansion bien ventilée de 6 000 *ch* n'a rien d'excessif dans un grand navire.

Les propositions que nous pouvons relater comme préoccupant vivement aujourd'hui le monde des marins sont les suivantes : L'assimilation à la locomotive ; les liquides vaporisables à basse température ; les combustibles liquides et gazeux. On ne pouvait omettre les moteurs à gaz et les moteurs électriques.

Nous y joindrons un propulseur hydraulique qui est un souvenir du célèbre mécanicien François Cavé.

I. — *Assimilation de la machine marine à la locomotive.* — A la différence de la machine dite fixe, installée à terre dans les fabriques, la machine de navigation et la locomotive de chemins de fer sont des instruments qui ont à se transporter eux-mêmes, en constituant ce qu'on appelle le *poids mort* au préjudice de l'utilisation commerciale. Et cependant, c'est à la machine de fabrique que la machine de navigation a jusqu'ici ressemblé par les dimensions, le poids, la combinaison et l'ampleur de ses organes en mouvement.

Les torpilleurs semblent prouver le contraire ; leur machine, sinon la chaudière, est même l'exagération de la locomotive : mais ce sont des instruments tout à fait exceptionnels, dont l'allure à 400 tours et plus ne se soutient qu'en très courte durée et qui n'ont rien de commun avec les paquebots proprement dits.

Il sera intéressant de comparer une machine marine et une locomotive. Pour la première, on ne peut mieux choisir que la *Touraine*, dont l'appareil est assurément un type de légèreté relative à égalité de puissance et de conditions de service. La locomotive comparée d'autre part est la nouvelle machine à grande vitesse du chemin de fer de l'Est, pesant à vide 47 tonnes avec sa *double chaudière*, et dont la puissance de 600 *ch* a été relevée à l'indicateur comme dans les machines marines, ce qui donne à la comparaison toute sa valeur. Entre deux est comparée la *Seine*, qui n'est pas un paquebot de long cours comme *la Touraine*, mais dont les traversées de trois heures et demie permettent bien de comparer le navire avec les instruments proprement dits de la grande vitesse courante et soutenue. Suit le tableau.

DÉSIGNATION		LOCOMOTIVE Est	PAQUEBOTS Seine	PAQUEBOTS Touraine
Puissance indiquée	*ch*	600	4 000	12 000
Volume total, machine et chaudière (1)	m^3	108	281	5 164
Volume par cheval	—	0,18	0,07	0,43
Volume de chaudière	—	7,96	110	3 393
— par cheval	—	0,013	0,027	0,30
Poids total, machine et chaudière vides	*t*	47,312	366	1 635
— par cheval	*kg*	79	90	136
Poids des chaudières vides	*t*	13,714	216	535
— par cheval	*kg*	23	54	444
Nombre de tours par minute		184,50	196	75
Vitesse de piston par seconde	*m*	4,06	4,25	4,25
Surface de chauffe totale	m^2	180	903	3 025
— par cheval	—	0,30	0,225	0,260
— directe	—	15,860	»	531
— — par cheval	—	0,026	»	0,044
Surface de grille	—	2,430	31,20	104
— par cheval	—	0,004	0,007	0,008

(1) Ne sont pas comptés : dans les paquebots l'espace des soutes, non plus que le tender dans la locomotive.

On voit par cette comparaison qu'avec une vitesse de piston assez peu différente, la locomotive, par unité de puissance motrice, l'emporte considérablement pour l'infériorité du volume et du poids, surtout en ce qui touche la production de la vapeur. La comparaison est à remarquer surtout pour la *Touraine*, type du grand et puissant paquebot ordinaire, déjà plus avantagé que la plupart des autres. La *Seine* se rapproche beaucoup plus de la locomotive, et peut-être, tout au moins, sa machine pourrait être le point de départ de l'assimilation des deux instruments de transport qui ont à se transporter eux-mêmes.

Le principe de l'assimilation de la machine marine à la locomotive est la multiplicité des nombres de tours et le raccourcissement de la course. La machine à mouvement d'horlogerie du canot torpilleur est une exagération qu'il y aurait folie d'imiter dans le grand paquebot.

Le nombre de tours de roues de la locomotive express à 80 *km* de vitesse par heure est 223 tours par minute; c'est évidemment beaucoup trop pour une grosse machine marine.

Il a été formulé comme conclusion qu'on pourrait lui assigner l'allure de 100 tours par minute avec course de piston, non de 56 *cm* comme dans les locomotives, mais de 1,20 *m*, correspondant à une vitesse de piston de 4 *m* par seconde.

Si on établit le plan d'une machine avec ces données en adop-

tant le principe des cylindres superposés en tandem, on arrive à un ensemble d'organes de dimensions modérées et à une allure générale non excessive, mais qui exige le perfectionnement de lubrifiage et de l'arrosage à l'eau froide des frottantes.

II. — *Liquides vaporisables à basses températures.* — Les liquides produisant la vapeur à moins haute température que l'eau ont eu plus que des essais. En outre des machines fixes dont une a fonctionné dix ans à la cristallerie de Lyon, la navigation a eu comme bâtiments principaux : le *Galilée*, aviso du capitaine Lafont, à vapeur de chloroforme, un autre navire à sulfure de carbone et six paquebots étherhydrique de Du Trembley, savoir : dans la Méditerranée, la *France*, le *Brésil*, le *Sahel* et l'*Oasis*; dans l'Océan, le *Jacquart* et l'*Arago*. Les quatre premiers ont fait l'objet de rapports officiels.

La Société des Ingénieurs Civils a dans sa bibliothèque le rapport de M. l'Ingénieur des Mines Meissonnier en 1856, et celui de M. E. Gouin, qui est une savante étude avec diagrammes; plus une communication avec planches sur le *Sahel* à la Société des Ingénieurs de Londres, le 8 février 1859.

Le *Jacquart* et l'*Arago*, grands paquebots à hélice, construits en 1856 à Nantes, par Ernest Gouin, avec machines de la maison Cavé, à puissance effective de 1 800 *ch*, furent nos premiers paquebots français sur la ligne Havre-New-York, jusqu'alors desservie par les steamers américains.

Dans ce système de vapeurs dites combinées, une première machine ordinaire à vapeur d'eau émettait celle-ci, à la sortie du cylindre, en un condenseur à surface tubulaire qui constituait le vaporisateur de l'éther ou liquide analogue. Cette vapeur d'éther actionnait une seconde machine ajoutant sa force motrice à celle de la vapeur d'eau. La vapeur d'éther se condensant ensuite dans un second appareil tubulaire, d'où elle revenait se vaporiser à nouveau, le même éther servant longtemps.

Dans la traversée de Marseille à Constantinople, on ne faisait qu'une seule addition partielle au vaporisateur pour réparer les pertes inévitables.

On demandait ainsi à la vapeur d'éther à peu près la moitié de la puissance motrice totale; l'autre moitié était fournie par la vapeur d'eau ordinaire, ayant ses chaudières et ses provisions de combustible pareillement réduites de moitié.

En lisant les rapports ci-dessus relatés, constatant qu'on n'avait

plus que très peu à craindre les dangers des fuites d'éther, on s'étonne que ces navires aient successivement disparu pour rendre à la vapeur d'eau sa place exclusive. Peut-être venaient-ils avant leur heure : la machine à vapeur d'eau n'avait encore rien d'excessif pour les puissances et vitesses voulues à cette époque et elle était elle-même en voie de transformations heureuses qui ne laissaient plus assez d'avantages à l'éther et à ses congénères.

Aujourd'hui la question se pose à nouveau devant ces exigences de vitesse et de machine imposant la transformation qui a été indiquée ci-dessus.

Tout naturellement revient la proposition des liquides vaporisables à plus basse température que l'eau, soit seuls, soit avec le système des vapeurs combinées de Lafont et Du Trembley.

L'éther, le chloroforme et le sulfure de carbone se vaporisent entre 40 et 60°. Ce n'est peut-être pas une assez grande supériorité sur l'eau, bien que la chaleur latente absorbée soit beaucoup moindre.

Mais l'industrie possède aujourd'hui des liquides vaporisables à moindre température, et dont les vapeurs ont une très puissante pression. Il y a les nombreuses substances de la famille des pétroles, sur lesquelles nous allons revenir au point de vue des combustibles liquides, et dont plusieurs, telles que le naphte et la gazoline, ont été plus que proposées au point de vue de leur puissante vapeur facile à produire avec très peu de chaleur.

Dans ce dernier ordre d'idées, une communication annoncée à la Société des Ingénieurs relatera diverses substances employées à la distillation des essences, et qui sont de fabrication courante quoique limitée faute de débouchés.

L'une de ces substances se recommande à l'attention : c'est non plus l'éther sulfurique de Du Trembley, mais *l'éther chlorhydrique* ou *chlorure d'éthyle*, produit par la réaction du chlore dégagé du sel marin sur l'alcool par l'intermédiaire de l'acide sulfurique. C'est une substance liquide depuis — 18° jusqu'à + 12° et qui chauffé à 100° en vase clos, possède la pression de 12 *kg* par centimètre carré.

Le chlorure d'éthyle pur est actuellement un produit de pharmacie d'un prix élevé ici hors de question. Mais il existe dans le commerce un éther chlorhydrique alcoolisé revenant en fabrique à environ 2 *f* le litre, déduction faite de l'impôt sur l'alcool qui lui est appliqué par assimilation, et dont la douane pourrait exempter la navigation.

Les matières premières de cette substance traitées par voie de distillation à chaleur très modérée sont, d'après le dictionnaire de chimie de Wurtz :

Sel marin	12	= 22 en poids.
Alcool.	5	
Acide sulfurique	5	

Ce sont des matières d'approvisionnement pour ainsi dire illimité, à bas prix, demandant peu de matériel de fabrication et pouvant donner un éther chlorhydrique beaucoup moins dispendieux sans doute en grande production courante, étant fabriqué au port d'embarquement, près du navire en charge, si ce n'est à bord même, en route, à mesure des besoins.

Car le caractère fondamental de ces liquides est de servir pour ainsi dire indéfiniment, tour à tour vaporisés puis condensés pour être vaporisés à nouveau. L'approvisionnement en route est donc relativement très réduit pour réparer les pertes et renouveler au vaporisateur le liquide finalement appauvri. Cet approvisionnement occuperait très peu de place dans le navire, probablement des bâches dans les fonds où il n'y a aujourd'hui, en dehors des waterballasts, que des vides entre les varangues.

On peut approximativement s'en rendre compte en supposant une machine de 20 000 *ch* du système et des dimensions actuelles. Elle consomme à peu près 6 m^3 de vapeur par tour d'hélice, et si on admet 100 tours par minute, ce qui ne tardera pas à être un fait, ce serait 600 m^3 de vapeur à fournir par minute aux premiers cylindres d'une triplex avec les détentes successives ordinaires.

Pour la vapeur d'éther à 12 *kg* de pression, ce volume paraît correspondre à environ 600 $m^3 \times 5\ kg = 3\,000\ kg$ d'éther liquide indéfiniment vaporisé puis condensé et vaporisé de nouveau. Comme ces transformations et l'action dans la machine veulent un certain temps, décuplons cette quantité d'éther dans le vaporisateur. Ce serait un poids total de 30 *t*. Si, enfin, on suppose le renouvellement entier chaque jour, pour appauvrissement du liquide et pertes partielles en un voyage de 10 jours, on aura à faire à bord un approvisionnement d'éther liquide de 300 *t*, soit le poids de houille consommé par jour en un des grands paquebots actuels.

D'après les traités de chimie, l'éther chlorhydrique, dont la formule est $C^2\,H^4Cl$, possède à peu près les mêmes propriétés que

l'éther sulfurique. Il est soluble dans l'alcool et peu dans l'eau ; la densité du liquide est 0,874, celle de l'eau étant 1 ; la densité de la vapeur d'éther est 2,22, celle de l'air étant l'unité.

La vaporisation proprement dite commence vers 12 à 15° en absorbant moins de 100 calories de chaleur latente, et la vapeur se condense sans qu'il soit nécessaire de produire un grand froid. Si la température ambiante ou le simple contact de l'eau de mer sur les condenseurs à surface ne suffit pas toujours, il y a les réfrigérateurs artificiels (1) acquis à la pratique industrielle.

Les pressions de vapeur d'éther chlorhydrique sont les plus puissantes qu'on connaisse : celles qui se dégagent à l'état liquide, et qu'on a soin de recueillir, ont déjà une pression de 1/4 à 1/2 *atm.* Celles qui se produisent à la vaporisation proprement dite, par chauffage, non à feu nu, mais par une sorte de bain-marie, sont évaluées comme il suit dans les traités de chimie :

A	12°	centigrades,	0,80 *kg* par centimètre carré.
	20	—	1,93 —
	40	—	2,17 —
	50	—	3,50 —
	60	—	4,62 —
	70	—	6,10 —
	80	—	7,50 —
	90	—	9,38 —
	100	—	12,88 —

Voici donc un liquide dont on peut obtenir une très considérable pression avec peu de calorique, et la chute de pression avec un refroidissement naturel ou artificiel, par les moyens connus, qui n'a rien d'excessif.

Il faut ajouter que la vapeur de l'éther chlorhydrique, surchauffée au contact de la chaux sodée, donne, paraît-il, un bon et peu coûteux gaz d'éclairage qui pourrait être plus économique que l'éclairage électrique. La marine aurait donc trouvé son nouvel engin de force motrice, et ce ne serait plus qu'une question de machinerie appropriée.

Mais il ne faut pas taire que l'éther chlorhydrique a, comme l'éther sulfurique, le chloroforme et le sulfure de carbone, sinon la puanteur de celui-ci, du moins leurs dangers anesthésiques, inflammables et explosifs. Ils étaient déjà beaucoup atténués dans

(1) La Société des Ingénieurs civils se rappelle sa visite au magnifique établissement de M. Menier, à Noisiel, en 1889, et ses chambres de réfrigération.

les machines Du Trembley et Lafont par des perfectionnements et agencements de service qui n'avaient pas dit leur dernier mot.

L'éther chlorhydrique a aussi l'inconvénient d'attaquer les métaux, peu le bronze, mais assez sensiblement le fer à la longue, et surtout de dissoudre les carbures d'hydrogène ainsi que le caoutchouc ; il faudra donc faire les joints et lubrifier les frottements autrement qu'avec les huiles et graisses ordinaires.

Quant à la machinerie, faut-il simplement reprendre les systèmes Du Trembley et Lafont (1) avec combinaison des vapeurs d'éther et d'eau, celle-ci ayant ses chaudières et ses soutes à houille ordinaire ; ou bien ne conviendrait-il pas mieux d'alimenter la machine motrice entière à vapeur d'éther ou liquide analogue? Ses vaporisateurs, assez considérables sans doute, seront bien loin d'égaler en poids et volume les chaudières actuelles à vapeur d'eau. Ajoutons que la vapeur d'éther, atteignant à 100° seulement une très haute pression, il serait naturel de la détendre en quadruple expansion, ce dont les communications faites à la Société des Ingénieurs ont démontré l'avantage d'utilisation et ce qui pourrait se faire sans émettre dans le navire les températures excessives qui caractérisent les nouveaux paquebots à vapeur d'eau.

Concluons donc que s'il est téméraire de dire que l'emploi des liquides plus vaporisables que l'eau est la solution du problème de la marine à très grande vitesse, ce qui précède impose une étude approfondie comme un des éléments de recherches de cette solution.

III. — *Gaz.* — L'application du gaz à la force motrice avait déjà vivement intéressé la Société des Ingénieurs Civils en 1878, sous la présidence de M Tresca ; elle vient d'être l'objet de nombreuses et très remarquables communications (2) pendant que toutes les Sociétés savantes s'occupaient aussi de la même question.

Le gaz pourra-t-il s'appliquer à mouvoir des navires? Tout au moins l'idée n'en est pas nouvelle.

Les communications précitées ont relaté la part qui revient

(1) Il est fait dépôt, à la bibliothèque de la Société des Ingénieurs Civils, du Manuel de M. Du Trembley sur les Machines à vapeurs combinées, vol. in-8° imprimé à Lyon en 1851. d'une brochure de M. l'Ingénieur des mines Meissonnier sur les essais des paquebots précités *France* et *Brésil*, publications devenues rares en librairie, et d'un plan de la machine du paquebot étherhydrique *Sahel*.

(2) Communications et discussions par Armengaud, Moreau, Casalonga, Jouffroy, Lefer, Demoulin, Lencauchez, Normand, Fleury, Lavezzari, Richard, etc. — Chronique de Mallet, — nombreuses publications : 14 relatées au Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils en ces dernières années.

dans l'invention de la machine à gaz à l'ingénieur des Ponts et Chaussées Philippe Lebon d'Humbersen, auquel les gaziers ont élevé une statue à Chaumont (1).

L'auteur de la présente étude a l'honneur d'avoir eu l'ingénieur Lebon pour grand-oncle et il se rappelle, comme souvenir d'enfance, d'avoir entendu bien souvent parler d'un projet de *bateau à rames tournantes* (roues à aubes sans doute) actionnées par la force motrice du gaz, pour remplacer *avec beaucoup plus de vitesse*, les *coches* ou *diligences d'eau* à traction de chevaux au trot, qui allaient alors de Paris à Auxerre et de Lyon à Châlon.

Rien dans les papiers restant de Lebon ne laisse comprendre comment il entendait appliquer le gaz à la navigation. Il l'expliquait peut-être dans le mémoire sur le *perfectionnement de la machine à feu* qui lui valut le prix de l'Ecole des Ponts et Chaussées et les éloges de l'Académie des Sciences. Mais ce mémoire n'a pas été retrouvé.

On peut supposer deux systèmes : moteur à gaz tonnant, ou bien machines à vapeur ordinaire avec ses chaudières chauffées au moyen du gaz employé comme combustible ; c'est du premier système que nous nous occupons en ce moment.

Le moteur à gaz atteint déjà des puissances bien éloignées encore sans doute de celles du paquebot à grande vitesse, mais qui arrivent de plus en plus à des forces considérables. Le constructeur anglais Tangye fait des moteurs à gaz de 170 *ch.* M. Lencauchez a relaté le moteur à gaz de la filature de Newton en Angleterre, fournissant la force effective de 400 *ch.* Notre camarade Moreau a bien voulu me communiquer ce qui suit sur le moteur à gaz Crosseley à la *Wandworth-projectile Limited C°* à Londres : Puis-

(1) **M. Moreau**, dans sa communication à une de nos séances, a dit : « Le 25 septembre 1799, l'ingénieur français Lebon prit un brevet complexe sur l'utilisation du gaz, dans lequel son application au développement des puissances mécaniques est sa principale préoccupation. On y voit que l'éclairage au gaz, qui a pris cependant un si grand développement, n'était alors pour lui que l'accessoire. On y trouve même indiqué un des perfectionnements les plus importants qui aient été réalisés à notre époque à la compression avant l'inflammation. »

Lebon s'occupa ensuite principalement de l'éclairage au gaz, par lequel il illumina splendidement l'hôtel Seignelay, rue Saint-Dominique. Tout Paris vint admirer ; les récompenses et les témoignages d'honneur de toute nature encouragèrent l'inventeur, qui eut aussi le prix du concours pour le perfectionnement des machines à vapeur. C'est alors qu'il reprit ses travaux sur les condenseurs à surface, les vapeurs combinées et la force motrice du gaz. Invité en 1808 aux fêtes du Couronnement de l'empereur au Palais de l'Elysée, il fut assassiné au retour en traversant les quinconces des Champs-Elysées, alors un désert et aujourd'hui si brillamment illuminé par le gaz Lebon. Deux notices ont été publiées sur lui en 1856 et 1862 : l'une par M. Gaudry père et l'autre par J. Gaudry. Le nom de Lebon est inscrit dans l'escalier d'honneur du Conservatoire des Arts-et-Métiers parmi ceux des illustres savants français. Il le fut aussi sur l'un des écussons décoratifs de la salle d'une des grandes fêtes de l'empire, et il y a à Paris une rue Lebon en mémoire du grand inventeur qui n'a rien de commun avec le terrible conventionnel du même nom.

sance 200 *ch* en deux machines jumelles; diamètre du cylindre 430 *mm*, course du piston 610 *mm*, 160 tours par minute.

Poids total 18 tonnes.

Enfin M. Richard, en son traité, signale un moteur à gaz de Griffin, du poids de 13 *t* pour pareille force de 100 *ch*, soit 130 *kg* par cheval: c'est à peu près le poids des machines à vapeur marines ; mais la machine à gaz n'a pas encore été étudiée au point de vue de l'allègement que réclame la mise à bord d'un navire.

Le mérite capital de la machine à gaz est son utilisation supérieure: ne serait-elle que de un dixième, la machine marine à gaz d'un paquebot tel que *City of Paris* serait réduite de 20 000 à 18 000 *ch* pour même vitesse avec toutes les réductions correspondantes de poids, volume et consommation.

L'allure voulue des machines à gaz est celle qui est souvent imprimée à la rotation des hélices et vers laquelle on tend peu à peu, même pour les plus grands navires.

Enfin la difficulté ordinaire de rafraichir la machine à gaz par une grande quantité d'eau froide n'existerait pas dans un navire, la circulation de celle-ci étant naturellement assurée presque sans frais.

Le moteur à gaz ne serait donc pas inapplicable à la marine avec une appropriation qui n'a pas encore été étudiée, mais qui peut l'être avec les données connues, si la production du gaz peut être obtenue pratiquement.

On peut la comprendre de trois manières : en fabricant à bord du gaz par gazogène Lencauchez, Lavezzari, Dowson et autres ; en emmagasinant à bord du gaz comprimé, après l'avoir fabriqué à terre en une usine à gaz ordinaire ; enfin en carburant à bord de l'air au moyen du pétrole ou hydrocarbure analogue susceptible de former un mélange explosif.

1° Les gazogènes n'ont pas encore été étudiés au point de vue de l'appropriation aux navires; cependant, en leur état actuel, ils ne sont ni d'une forme ni d'un volume inadmissibles. M. Moreau relate un gazogène de 100 *ch* ayant 1,90 *m* de haut sur 0,90 *m* de diamètre ; soit un volume de 1,20 m^3. Si celui-ci reste proportionnel à la puissance, le gazogène de 20 000 *ch* aurait 240 m^3 ; même avec les allées de service, ce serait une supériorité sur les chaudières à vapeur.

Mais le gazogène a le danger de sa production d'oxyde de carbone particulièrement à redouter au fond d'un navire sous quatre étages

de ponts. Il est vrai que c'est un gaz combustible qu'on pourrait peut-être recueillir et utiliser.

D'autre part, le gazogène ne consomme jusqu'ici pas beaucoup moins de combustible par cheval-heure que la machine à vapeur bien réglée. Il est vrai qu'il utilise des houilles maigres, encore à bas prix, mais plus lourdes que les houilles type Cardiff recherchées par la machine à vapeur et qui commencent à être rares et coûteuses.

Mais ce qui rend jusqu'à nouvel ordre impossible le gazogène et la fabrication par lui du gaz à bord, c'est qu'il est escorté d'appareils accessoires dont le poids et le volume absorberaient beaucoup plus que tout le navire, s'ils sont tous nécessaires. Deux au moins ne le sont peut-être pas, savoir : la chaudière à vapeur qui pourrait faire un même tout avec le gazogène ; puis le gazomètre, la consommation du gaz étant immédiate aussitôt la production, de même que la vapeur des chaudières ordinaires est de suite employée sans intermédiaire.

2° La fabrication à terre dans une usine à gaz ordinaire et l'emmagasinement à bord du navire, de ce gaz, comprimé en vase clos comme on le fait sur les trains de chemin de fer éclairés ou chauffés au gaz, est une solution qui séduit à première vue. Peut-être serait-elle applicable aux courtes traversées comme celles de la Manche et du Pas-de-Calais, ainsi qu'à la navigation fluviale et côtière, l'approvisionnement pouvant être refait en route comme aux stations de chemins de fer pour les wagons. Ainsi l'entendait peut-être l'ingénieur Lebon dans ses projets de bateaux de la Seine et de la Saône.

Mais pour les grands paquebots de long cours ayant à embarquer toute leur provision de gaz pour une longue traversée, le système ne résiste pas à l'examen.

Avec le gaz de *Cannel coal* à densité de 0,63 par rapport à l'air, on croit pouvoir compter sur une consommation de gaz de 500 *l* à la pression atmosphérique par cheval-heure. Pour la puissance de 20 000 *ch*, on aurait donc 10 000 m^3 par heure, 240 000 m^3 par jour et 2 millions de mètres cubes en nombre rond pour un voyage de huit jours. C'est, bien entendu, du gaz à la pression atmosphérique. Supposons-le comprimé à 20 *atm* en bâches cylindriques à parois nécessairement épaisses et lourdes, ce serait encore un volume de 100 000 m^3, supérieur de beaucoup à tout le navire. Il faut donc conclure que si le moteur à gaz n'est pas en lui-même impropre à la navigation, la production du gaz pour l'alimenter

n'est possible jusqu'à nouvel ordre pour la marine au long cours, ni par les gazogènes montés à bord *avec leurs accessoires*, ni par l'emmagasinement à bord du gaz comprimé fabriqué à terre.

3° Le troisième moyen de produire le gaz tonnant serait peut-être plus près de la solution cherchée pour la marine de l'avenir. Un grand nombre d'hydrocarbures, et en particulier les pétroles communs, lorsqu'ils sont mélangés à l'air par une pulvérisation à chaud et qui peut même se faire à froid, forment un gaz combustible dont on se sert déjà pour l'éclairage et pour l'alimentation des moteurs. Les appareils existants ne fournissent encore qu'une petite quantité de gaz, et il y aurait à inventer le carburateur et pulvérisateur pouvant élaborer en grand et avec sécurité dans un navire, des matières aussi dangereuses à manier, telles que le naphte et la gazoline ou éther de pétrole, qui se présentent tout d'abord par leur faible densité et leur richesse calorifique.

Pour produire la force motrice du cheval-heure, il suffit, paraît-il, de 0,60 *l* de gazoline à densité 0,65, pesant 390 *g*. Ce serait sur la houille un grand avantage de tonnage en volume et en poids. Mais la gazoline, le naphte et les hydrocarbures analogues sont dangereux par leur inflammabilité et les vapeurs explosives qu'ils émettent, même à l'air ambiant, quoiqu'on puisse en un navire les emmagasiner dans les fonds en baches closes peu épaisses et baignées d'eau de mer; des tuyaux et des pompes amèneraient l'hydrocarbure aux machines.

La gazoline pourrait être remplacée par des essences moins inflammables. Le pétrole à densité 0,70 conviendrait presque autant. Les pétroles communs à densité variant de 0,80 à 0,85 *m* pourraient servir aussi. Ils sont moins chers et beaucoup moins dangereux, mais il en faut environ 500 *g* par cheval-heure, soit 240 *t* par jour pour 20 000 *ch*, à peu près les deux tiers du poids de houille consommé par un paquebot tel que *City of Paris*.

Les carburateurs fournissant un mélange explosif d'air et de vapeur ou autres hydrocarbures liquides ne sont pas une nouveauté en marine. Les ateliers d'Escher, à Zurich, ceux de Yarrow et autres, en Angleterre, se sont fait une importante spécialité de canots et yachts à naphte et autres hydrocarbures, quoique hors de toute comparaison avec le grand navire. On cite même une machine motrice de 40 *ch*.

Nous ne parlons que pour mémoire des voitures automotrices qui circulent jusque dans Paris et où ces mêmes hydrocarbures

sont l'agent de force motrice, sur une petite échelle, mais suffisante pour affirmer le principe.

IV. — *Combustibles liquides et gazeux.* — Les mêmes liquides et les mêmes gaz proposés pour remplacer la vapeur d'eau comme agent de force motrice directe paraissent naturellement indiqués comme combustibles chauffant des chaudières ordinaires à vapeur d'eau ou autres en remplacement de la houille.

La transformation du service des chaufferies est en effet celle qui s'impose la première dans les grands paquebots où travaille, dans les conditions les plus pénibles, un personnel en *nombre extravagant*, disait un Anglais, et, de plus, difficile à recruter.

Outre la charge proprement dite des feux et la manœuvre des robinets alimentaires ou autres, le service des chaufferies comprend les principales opérations suivantes :

Service des soutes et amenage de la houille au pied des 50 à 80 foyers; cassage des trop gros morceaux; ringardage des grilles; manutention des cendres; ramonage des tubes et boites à fumée. On a proposé les appareils automatiques offrant dans d'autres industries des spécimens éprouvés, pour diminuer ce travail si compliqué, si pénible et si important pour la production économique de la force motrice et pour la conservation des chaudières coûtant un million, qu'il ne faudrait pas être obligé de renouveler avant les sept années d'usage.

Les combustibles liquides ou gazeux ramènent l'installation et le service du travail à des ramifications de tuyauterie et à des jeux de valves ou robinets avec relativement très peu de personnel.

D'autre part, les chaudières se simplifient et s'allègent; les brûleurs sont loin d'équivaloir au poids et à l'encombrement des grilles et des portes ordinaires de foyer; presque toute la surface de celui-ci peut être employée en surface de chauffe directe, tandis qu'elle n'est constituée aujourd'hui que par la moitié à peu près du pourtour au-dessus de la grille. Il n'y a plus de cendres à manutentionner; il y a moins de suie à ramoner; les tubes peuvent être faits plus petits et être plus nombreux; toute la chaudière est rendue plus puissante sous mêmes poids et volume.

Les combustibles gazeux sont d'une application industrielle bien connue pour le chauffage des fourneaux et chaudières à vapeur; exemple : le gaz Siemens et les gaz recueillis des hauts fourneaux. Il était donc naturel de se demander si les combus-

tibles gazeux ne pourraient pas s'appliquer aussi aux chaudières de marine, en vue d'obtenir la simplification du travail des chaufferies.

On a vu qu'en l'état actuel, il n'était pas plus possible de fabriquer le gaz à bord que d'emporter en réservoir du gaz fabriqué à terre et comprimé, tout au moins dans la marine au long cours.

Resteraient les hydrocarbures liquides, depuis le pétrole jusqu'aux huiles vulgaires animales et végétales, amenés dans le foyer par une sorte de herse ou faisceau de becs, avec l'air voulu pour la combustion. Ici il n'y a plus à inventer : le procédé est employé couramment dans les bateaux à vapeur en Russie, en Amérique et sur le Danube. C'est tout simplement un compte rendu descriptif que doit attendre et, au besoin, provoquer la Société des Ingénieurs Civils sur des systèmes existants.

Leur emploi s'explique naturellement par les circonstances locales, et il s'étend, paraît-il, aux locomotives, aux chaudières d'usine, même au chauffage domestique, partout avec grande facilité de service. On y a répugné jusqu'ici, aussi bien en Angleterre qu'en France pour les paquebots à passagers, en donnant pour raison les odeurs et les vapeurs inflammables dont on a su avoir raison dans les applications existantes. La vérité est que, jusqu'ici, le remplacement de la houille et la simplification du service des chaufferies ne s'imposaient pas encore.

On sait, d'ailleurs, que les combustibles liquides ont un pouvoir calorifique considérable et qu'à égalité, leur approvisionnement à bord est moins lourd que la houille.

V. — *L'Électricité.* — La puissance électromotrice ne pouvait manquer d'être désignée comme l'instrument futur de la navigation. Les fameux essais peu encourageants, il est vrai, de Jacobi, remontent à cinquante ans.

Dans sa séance du 8 octobre 1889, sous la présidence de M. Contamin, la Société des Ingénieurs a entendu la communication de M. Jablockhoff relatant des essais de machines électromotrices applicables tôt ou tard à tout besoin mécanique. De toutes parts apparaissent des publications sur la *Marine électrique ;* c'est manifestement un de ces projets dont on dit qu'ils *sont dans l'air* et s'imposent à l'attention des praticiens.

Les yachts de plaisance et les canots de service à propulsion électrique sont nombreux. Il en existe, paraît-il, qui ont 20 *m* de long, 100 *tx* de déplacement et d'une très grande vitesse. En

France, un électricien bien connu, M. Trouvé, s'en fait une spécialité, comme en Angleterre M. Immisch. Le premier nous écrit qu'il a adressé, tant à la Société des Ingénieurs civils qu'à l'Académie des sciences, sur la navigation électrique, une étude dont communication et rapport doivent être faits. D'autres spécialistes annoncent de pareilles communications. Puissent-elles s'offrir à la discussion avec le caractère voulu de projet ferme et précis et non de vagues programmes.

Il ne nous est pas permis de devancer ces communications.

D'ailleurs, ce n'est pas à l'état d'exposé sommaire que pareille matière peut être traitée. C'est peut-être la plus grosse question industrielle du jour, et l'une de celles que la Société des Ingénieurs Civils peut traiter avec le plus de science et de compétence pratique.

Il est intéressant de rechercher comment ce problème se présente avec les données actuelles, pour ces immenses paquebots à très grande vitesse où nous avons vu la machine à vapeur si près d'être impuissante.

Dans une notice imprimée qu'on distribuait aux dernières expositions, au nom de M. Trouvé, il est d'abord posé en principe, comme l'avait fait M. Jablockhoff, que la seule solution pratique en marine est la génération de la force électrique par l'action chimique des piles, dont les éléments sont, à volonté, immergés dans leurs auges pour le travail, et relevés par treuils pour les temps d'arrêt ; le changement de marche des navires étant d'ailleurs facile et rapide par la transposition des pôles.

Des spécialistes affirment, au contraire, que la vraie solution du grand paquebot électrique comporte une combinaison de piles et de dynamos actionnés à l'ordinaire par machine à vapeur.

Mais tenons-nous-en au principe radical des piles. M. Trouvé dans la notice précitée assigne 60 volts, soit 30 éléments de 2 volts chacun pour la puissance du cheval-heure de 75 *kgm*. Nous avons vu, d'autre part, que la vitesse de 20 nœuds, bien près d'être exigée aujourd'hui dans la navigation postale et militaire, demandait à la machine à vapeur une puissance de 20 000 *chx* dans un paquebot tel que *City of Paris*, mesuré à l'indicateur sur le piston eu égard à toutes les pertes d'utilisation depuis les frottements mécaniques jusqu'au recul de l'hélice et mauvaises conditions de sillage.

Dans un moins grand paquebot tel que *Seine* ou un torpilleur

de même dimension, cette puissance indiquée pour les 20 nœuds est 4 000 *chx*.

Il est possible que la machine électromotrice ait une utilisation supérieure à celle qui est indiquée sur les pistons des machines à vapeur, mais ce n'est pas assez certain jusqu'à nouvel ordre pour affaiblir les puissances ci-dessus à demander au moteur.

Soit donc pour *City of Paris* et *Seine*, le nombre de volts et d'éléments qui suivent, savoir :

1° 20 000 *chx* × 60 volts = 1 200 000 volts et 600 000 éléments.
2° 4 000 *chx* × 60 volts = 240 000 volts et 120 000 éléments.

Bien qu'il soit assez difficile d'évaluer l'espace, les poids et le personnel voulus dans le navire pour pareils générateurs d'électro-motion, il faut cependant l'essayer.

Les 600 000 éléments du premier exemple avec leur étagère, leurs allées de service, machinerie et accessoires installés à peu près comme à la gare du chemin de fer du Nord, peuvent correspondre dans le premier exemple ci-dessus à 3 600 m^3, soit toute la largeur du navire et toute la hauteur sous le premier pont. sur 33 *m* de long. C'est sensiblement le même espace que le groupe des générateurs à vapeur de même puissance, et l'avantage du générateur électrique serait nul à cet égard si on ne trouve pas des piles plus fortes par unité de volume et une coordination moins spacieuse que celle supposée.

Pour les poids, M. Trouvé assigne 50 kilogr. par cheval à la machinerie électrique et à ses générateurs d'électricité en place à bord. Soit dans les deux exemples ci-dessus :

1° 20 000 *chx* × 50 *kg* = 1 000 000 *kg* ou 1 000 *t*.
2° 4 000 *chx* × 50 *kg* = 200 000 *kg* ou 200 *t*.

Ici l'avantage est en faveur de la machinerie électrique : M. Trouvé observe que ses évaluations de poids se rapportent à des petites machines de canot ; les poids diminuent aux grandes puissances par unité de force.

Reste enfin l'approvisionnement de route pour l'alimentation des piles. A défaut des indications de M. Trouvé, nous avons celles de M. Jablockhoff en sa communication à la Société des Ingénieurs, soit par cheval-heure 0,400 *kg* de métal et à peu près même poids d'acide sulfurique ou chlorhydrique, en tout 0,800 *kg* par cheval-heure ce qui donne pour les deux types de paquebots ci-dessus :

1° 20 000 *ch* × 0,8 *kg* = 16 000 *kg* ou 16 *t*
2° 4 000 *ch* × 0,8 *kg* = 3 200 *kg* ou 3,2 *t*
} par cheval-heure.

Soit par jour de 24 heures,
City of Paris 384 *t*,
Seine (environ) 77 *t*.

C'est à peu près la consommation de la houille dans l'état actuel.

Et il faudrait, pour constituer un sensible avantage, des piles moins spacieuses, plus puissantes et plus économiques par le prix et le poids de leurs matières d'alimentation. Car dans les évaluations qui précèdent ne sont entrés ni les déchets, ni les rechanges, ni les batteries supplémentaires.

En résumé, dans les conditions actuelles, les propulsions électriques du navire ne l'emporteraient sur la machine à vapeur que par une restitution d'espace au chargement utile, ce qui a certainement son importance.

Si la machine électromotrice avait dit son dernier mot, sa substitution à la machine à vapeur serait donc contestable; mais c'est évidemment déjà beaucoup de pouvoir à peu près égaler une machine qui compte un siècle et demi de perfectionnement.

Il ne faut pas taire que la puissance d'un moteur électrique a dans un grand paquebot un formidable inconnu : Comment se comporteront les générateurs d'électricité dans l'intérieur d'une coque toute en fer, par les variations de température et par les roulis et tangage? Quel personnel sera nécessaire? Quel sera le système d'entretien?

Quant au danger de l'accumulation de foudre représentée par plus de un million de watts, il est assurément terrifiant; mais peut-être pas beaucoup plus que les 12 à 16 corps de chaudières actuelles à pression intérieure de 110 à 130 tonnes par mètre carré.

Comme conclusion, les électriciens ne doivent pas perdre courage et il n'est pas impossible que l'électromotion soit un jour l'instrument de la navigation à grande vitesse.

VI. — *Propulseur hydraulique.* — En terminant cette revue de quelques-unes des transformations proposées de la marine que les grandes vitesses voulues ne tarderont pas à imposer, qu'il nous soit permis de relater non plus un moteur, mais un propulseur dont notre ancien maître, le mécanicien Cavé, a fait l'essai en 1843, regrettant en sa vieillesse qu'un de ses élèves n'en ait pas repris l'étude.

C'était un propulseur hydraulique consistant en une colonne

d'eau, refoulée par une ouverture à l'arrière de la coque, prenant son point d'appui au dehors sur l'eau, et déterminant par réaction la marche en avant du navire.

Cet essai se fit sur la Seine, entre Asnières et Neuilly, avec un bateau nommé l'*Oise*, long de 35 *m* et pourvu d'une machine à vapeur de 30 *ch*.

Ayant démonté les roues à aubes, on employa la machine à actionner deux pompes refoulant la colonne d'eau, comme il précède. Le résultat obtenu fut que le bateau prenait à peu près la moitié de la vitesse de la colonne d'eau refoulée : faible produit, sans doute, mais qui s'expliquait naturellement par le frottement dans les conduits et celui des engrenages de la transmission de mouvement du moteur aux pompes. Mais Cavé ne voulait que démontrer le principe au milieu des essais de divers systèmes de propulseurs, parmi lesquels les hélices étaient en grande vogue, et dont Cavé fit en même temps des expériences mémorables, le tout avec le concours de l'amiral Labrousse.

Des pompes à mouvement alternatif ne peuvent pas refouler une colonne d'eau bien impétueuse. Mais, disait Cavé, on peut avoir telle vitesse qu'on veut au pourtour d'une turbine ou pompe rotative ; ce n'est qu'une question de diamètre. Soit dans un grand navire, ce diamètre égal à 10 *m* avec circonférence de 31,40 *m* ; et soit une rotation d'un tour par seconde, on aurait pour la colonne d'eau s'échappant au pourtour, une vitesse et une puissance de trombe. Ne put-on en utiliser que la moitié, comme sur le bateau d'essai *l'Oise*, en travail de propulsion, ce serait une vitesse de 15 *m* par seconde, un sillage de 23 nœuds.

Les essais du propulseur hydraulique ne furent pas poursuivis, principalement en présence du parti pris de ne pas recommencer les tâtonnements qui venaient de se terminer par l'adoption des hélices et ils sont restés oubliés dans l'absorption des affaires courantes.

Car le propulseur hydraulique de Cavé n'était encore qu'une idée où tout était à inventer pour la réalisation. L'on ne pouvait marcher qu'en avant.

Mais combien, a dit Cavé souvent depuis, pareil propulseur hydraulique serait approprié aux grands navires ! Sans doute, il occuperait beaucoup de place dans la coque, mais il remplacerait avantageusement l'hélice soustraite à toute surveillance et exposée aux accidents ainsi que son long arbre de transmission. Cavé

ne prévoyait pas les arbres extérieurs des navires à hélices jumelles.

L'idée du propulseur hydraulique mériterait donc d'être étudiée et ce serait assurément un outil de grande vitesse.

VII. — Le *Nausol*. — Sous ce nom a été remis à la Société par l'un de ses membres, M. Arsène Ollivier, le projet d'une étrange machine marine : une sorte de gigantesque revolver chargé d'un explosif dont la réaction au dehors du navire agirait comme la trombe d'eau constituant le propulseur hydraulique que rêvait François Cavé, ainsi qu'il précède. A celui-ci il faudrait les moteurs ordinaires. Dans le *Nausol* de M. Ollivier, l'instrument est à la fois propulseur, moteur et générateur de force motrice. Ce serait l'idéal de la marine. Mais, de même que dans le principe ci-dessus de Cavé, c'est toute la machinerie qu'il faut inventer. Pour réaliser pratiquement l'idée, on est obligé de demander à l'auteur du *Nausol* de soumettre à la discussion une machine de toutes pièces permettant au navire de progresser en avant ou au recul et d'évoluer, ce qui est l'élément fondamental de toute navigation. Ladite machine n'étant ni plus dangereuse que de coutume ni insupportable par ses détonations, il n'était pas possible dans cette étude de la marine de l'avenir d'omettre le projet d'un collègue qui n'est pas sans précédent. La même idée sous différentes formes a hanté l'esprit de savants réputés ; il en est, paraît-il, que le projet de M. Ollivier n'a pas laissé indifférents.

En conclusion : Aucune des propositions de transformation de la marine qui précèdent ne paraît mûre pour l'exploitation actuelle. Mais la plupart sont de celles méritant l'étude, qui s'impose pour un avenir plus ou moins prochain. La marine est peut-être l'industrie la plus importante, la plus nationale et la plus laborieuse de l'heure présente. Il faut faire tous vœux pour que les spécialistes présentent non plus des programmes généraux, mais des projets fermes, des machines étudiées. De leur discussion sortira tôt ou tard la solution demandée du problème.

CHRONIQUE

N° 148.

SOMMAIRE.— Influence de l'eau dans les cylindres des machines à vapeur.— Transport du charbon par tuyaux. — Un singulier cas d'explosion. — Éclairage électrique des voitures de chemins de fer. — Production du fer et de l'acier en Amérique.

Influence de l'eau dans les cylindres des machines à vapeur. — On sait que les phénomènes de condensation et de revaporisation dans les cylindres des machines à vapeur, qui jouent un rôle si important dans le rendement économique de ces moteurs, sont encore aujourd'hui attribués par quelques auteurs moins à l'action des parois qu'à celle de l'eau existant dans ces récipients et qui agirait à la manière d'une éponge sur le calorique. Il est assurément curieux qu'alors que l'action des parois a été mise en évidence pour la première fois en avril 1843 par Combes, dans une communication à l'Académie des Sciences, le rôle analogue de l'eau a été indiqué presque exactement à la même époque.

C'est ce qui résulte d'un document qui paraît peu connu, car nous ne l'avons jamais vu signalé nulle part. C'est un mémoire intitulé « Hints on some improvements of the steam engine », par Joseph Gill, daté de Marsala (Sicile), 1er septembre 1843, et publié dans le tome Ier des *Quarterly papers on Engineering*, de John Wheale, paru en janvier 1844.

Ce travail renferme des aperçus extrêmement intéressants, surtout si on tient compte de l'époque à laquelle il a été écrit, et nous avons cru utile d'en faire connaître les parties les plus importantes.

L'auteur débute par des considérations sur l'eau entraînée ou contenue dans la vapeur et dont les inconvénients sont beaucoup plus graves qu'on ne se le figure à première vue par la considération, soit de la perte de calorique, soit des effets mécaniques produits.

De la théorie et de quelques expériences, il croit pouvoir conclure que la présence de l'eau dans les cylindres, quelle que soit la provenance de cette eau, entraînement ou condensation dans les conduits, amène une perte de calorique très considérable, à côté de laquelle les inconvénients résultant des effets de l'ordre mécanique sont tout à fait secondaires.

Supposons un cylindre vertical dans lequel le piston effectue sa course descendante. L'eau entraînée ou condensée dans le tuyautage qui entre au cylindre avec la vapeur étant plus dense que celle-ci, se réunit à la partie la plus basse et forme une couche d'épaisseur plus ou moins grande sur le piston. Comme la température du cylindre est en général plus basse que celle de la vapeur qui y pénètre, une partie de la vapeur se condense sur les parois et forme des gouttelettes très petites qui y

adhèrent et peuvent se réunir, ruisseler sur les parois et aller se joindre à l'eau qui est sur le piston. La perte de chaleur éprouvée jusqu'ici correspond à la quantité employée pour la réduction en vapeur du poids d'eau condensée et à celle nécessaire pour amener au point d'ébullition l'eau entraînée. Si l'eau chaude existant au cylindre et provenant de ces deux causes passait au condenseur à l'état liquide, il n'y aurait pas d'autre perte de calorique ; mais les choses ne se passent pas ainsi. Au moment où le piston arrive à la fin de sa course et que la partie supérieure du cylindre est mise en communication avec le condenseur, la pression baisse subitement et l'eau condensée se vaporise instantanément en partie, et la portion demeurée liquide voit sa température s'abaisser à un point qui dépend du degré de vide qui existe au condenseur.

Le point d'ébullition sous cette pression réduite peut être évalué à 45° centigrades environ, et comme dans les machines à basse pression la température du cylindre peut être estimée en général à 100°, il y a une différence de 55° qui amène une vaporisation très rapide de l'eau restée à l'état liquide dans le cylindre.

La chaleur contenue dans la vapeur est constante, quelle que soit la pression sous laquelle celle-ci est produite ; donc, la formation de la vapeur dans le cylindre prive celui-ci d'une quantité de chaleur égale à celle qui amènerait la vaporisation d'un poids équivalent d'eau bouillante.

Cet abaissement de température du cylindre amène une condensation correspondante de la vapeur venant de la chaudière au commencement de la course suivante, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il se soit produit un certain équilibre. Le cylindre garde alors une température constante qui, en dehors des causes de refroidissement par l'extérieur, sera notablement inférieure à celle de la vapeur qui arrive de la chaudière.

Il résulte de cette situation une cause de perte à laquelle aucun des procédés actuellement en usage ne peut remédier. Si la quantité d'eau amenée au cylindre est un peu considérable, les enveloppes de vapeur ne feront qu'augmenter le mal, puisqu'elles ne feront que rendre l'évaporation intérieure plus rapide et plus abondante en proportion de la chaleur supplémentaire apportée au cylindre. La vapeur de l'enveloppe aura de ce chef une cause de perte de chaleur bien supérieure à celle qui provient de l'extérieur (1).

Dans un intéressant mémoire sur les chaudières marines (voir Tredgold), M. Dinnen donne un exemple frappant de ce fait. Sur l'*African*, les cylindres sont à 1,00 *m* seulement des chaudières ; il n'y a pas de panneau directement au-dessus ; le tuyautage est enveloppé d'étoffe de laine épaisse ; il n'y a pas de chemises aux cylindres, mais le tuyau de vapeur forme une sorte de ceinture autour de ces récipients. L'eau recueillie à ce point et provenant d'une surface de 4,65 m^2 environ, a été, par vingt-quatre heures (dans la Méditerranée), de 1 223 *kg*.

(1) Il est probable que dans ce passage, assez peu clair, d'ailleurs, l'auteur a en vue les enveloppes dans lesquelles la vapeur de la chaudière circule avant d'arriver au cylindre, comme on les faisait presque toujours à cette époque, sauf dans les machines de Cornouailles, où les enveloppes étaient alimentées par un tuyau spécial de vapeur ne servant qu'au chauffage du cylindre.

La chaleur perdue a donc été celle qui correspondrait à la réduction en vapeur de 1 223 *kg* d'eau à la température de l'ébullition.

L'auteur a trouvé, par des expériences directes, que, si on fait circuler de la vapeur à 101,5° dans des tubes en étain noirci à l'extérieur, une surface de 1 m^2 condense 1,31 *kg* par heure, l'air extérieur étant à 17°.

Si on applique ce résultat à la surface de 4,65 m^2 de l'*African*, on trouvera une condensation de 6,09 *kg* par heure et 146,2 *kg* par vingt-quatre heures, tandis qu'on a obtenu en réalité 1 223 *kg*, soit huit fois plus. La condensation ordinaire par radiation ne rendrait donc compte que du huitième de la perte constatée.

L'auteur a fait quelques expériences sur une petite machine à vapeur à détente à deux cylindres; le petit cylindre, qui était en cuivre poli, avait 60 pouces carrés de section, soit 384 cm^2 et 14 pouces, 0,355 *m* de course, plus un pouce de liberté à chaque extrémité. L'arrivée et la sortie de la vapeur étaient réglées par un tiroir, et la vapeur arrivait de la chaudière par un tuyau de 19,50 *m* de longueur exposé à l'air libre à la température de la pièce où se trouvaient la machine et la chaudière. Du premier cylindre, la vapeur passe dans un second cylindre en fonte de 115 pouces carrés, soit 736 cm^2 de section et 0,762 *m* de course, où elle se détend pour arriver enfin à un condenseur ordinaire à injection.

La vapeur arrivait au premier cylindre à une pression de 10 pouces de mercure, soit 0,35 *kg* par centimètre carré au-dessus de la pression atmosphérique avec une température correspondante de 107,6° centigrades. On maintenait une vitesse de 45 tours par minute en réglant la charge de la machine, et le robinet de prise de vapeur restait ouvert en grand, ainsi que le jet d'eau du condenseur. On mesurait avec soin le volume d'eau extrait par la pompe à air, ainsi que le volume de cette eau (1).

La température de l'eau servant à la condensation était de 20°, et la pompe à air, pour 45 tours par minute, donnait 40,82 *kg* d'eau à 44,5°, dont 39,12 d'eau injectée à 20° et 1,70 de vapeur condensée.

Pour élever la température de ces 39,12 *kg* d'eau de 20 à 44,5°, il a fallu la chaleur provenant de la condensation de 1,70 de vapeur à 101°, c'est-à-dire la chaleur contenue dans la vapeur passant dans la machine pendant une minute, déduction faite de ce qui a pu être absorbé par les diverses causes de refroidissement, rayonnement, etc. (2).

La pression sur le petit cylindre était de 7 pouces de mercure au-dessus de la pression atmosphérique, soit une pression absolue de 37 pouces, la température correspondante étant de 214° Fahrenheit.

Pour trouver le volume d'eau nécessaire pour former la vapeur présente au cylindre, l'auteur emploie la règle de Tredgold ainsi formulée: Au nombre 459, ajouter la température en degrés et multiplier la somme par 76,5; diviser le produit par la pression de la vapeur en pouces de mercure, et le résulat sera le volume en pieds cubes de la vapeur fournie à cette pression et cette température par un pied cube d'eau.

(1) Dans la Chronique de janvier 1891, nous avons mentionné une expérience calorimétrique analogue, effectuée par Frimot et rapportée par lui dans son cours de l'École des Ponts et Chaussées, fait dans la session 1843-44.

(2) Il ne pouvait être question, à cette époque, de la chaleur correspondante au travail effectué par la vapeur dans la machine.

On a donc :

$$\frac{(459 + 214) \times 76{,}5}{37} = 1\,392 \quad (1)$$

Le petit cylindre ayant 60 pouces carrés de section et 30 pouces de longueur, y compris les espaces nuisibles et les passages ayant 2 pouces carrés de section et 20 pouces de longueur, le volume de vapeur contenu dans le cylindre pour un tour de manivelle est :

Cylindre.	$60 \times 16 = 960 \times 2 =$	1 920
Passages	$2 \times 20 =$	40
TOTAL.		1 960

Le volume par minute, pour 45 tours, est donc de 88 200 pouces cubes ; en ajoutant 10 0/0 pour les fuites et refroidissement, on trouve 97 200, soit 51 pieds cubes, ou, en mesures métriques, 1 428 *l*. Ces 1 428 *l* représentent un volume d'eau égal à $\frac{1\,428}{1\,392}$, soit 1,03 *l* ou 1,03 *kg* d'eau nécessaire pour fournir à la machine le poids de vapeur remplissant par minute le cylindre et ses conduits.

L'expérience directe a indiqué qu'il en avait passé 1,70, soit plus de 60 0/0 en plus, lesquels ont été absorbés par une influence puissante agissant d'une manière latente à l'intérieur du cylindre.

Ce résultat est la moyenne de plusieurs expériences et ne peut être mis sur le compte d'une erreur ; on ne peut pas non plus l'attribuer à des fuites du piston ou du tiroir, ces organes ayant été vérifiés avant les expériences et reconnus étanches.

On a répété la même expérience en détachant le grand cylindre et en faisant passer la vapeur directement du petit cylindre au condenseur ; on tenait compte de la moins grande surface de refroidissement ; les résultats trouvés ont été sensiblement les mêmes. Il est bien évident que le cas actuel doit être considéré comme extrême à cause de la longueur extraordinaire de la conduite de vapeur et des faibles dimensions du cylindre qui recevait la vapeur, mais il montre du moins d'une manière saisissante quelle perte énorme de chaleur peut amener la présence de l'eau dans les cylindres d'une machine à vapeur.

L'expérience suivante montre que la température du cylindre est en marche notablement inférieure à celle de la vapeur venant de la chaudière et que la différence ne peut être attribuée au refroidissement par le rayonnement ou la détente.

Après que la machine eut été quelque temps en marche régulière avec le robinet de prise de vapeur entièrement ouvert, la vapeur étant à la chaudière à la pression de 22 pouces de mercure, 0,36 *kg* effectifs, température correspondante 115°, un thermomètre placé dans l'huile du robinet graisseur sur le plateau du cylindre marquait seulement 100°. On arrêta la machine avec le piston aux trois quarts de la course descendante et on cala le volant dans cette position. La vapeur étant amenée

(1) Les tables basées sur les mesures de Regnault donneraient 1 562 pour ce rapport, ce qui augmente encore la différence signalée plus loin.

de nouveau dans la partie supérieure du cylindre, le thermomètre remonta en très peu de temps à 105° et y resta stationnaire.

Lorsqu'il y a de l'eau dans le cylindre, même en proportion assez faible par rapport au poids de vapeur qui y passe par course, il est facile de voir que lorsque la pression cesse par suite de la communication avec le condenseur, l'ébullition se produit avec une très grande rapidité. On trouve par le calcul exposé ci-dessus qu'un cylindre du volume de celui de la machine sur laquelle ont été faites les expériences contient la vapeur fournie par 11,3 cm^3 d'eau. Si on admet qu'il existe la moitié de ce poids à l'état liquide dans le cylindre, c'est 5,65 cm^3, lesquels supposés en couche sur le piston donneraient une épaisseur de 1/7e de millimètre, c'est-à-dire un peu plus que l'épaisseur d'une feuille de papier à lettre ordinaire. Si on imagine qu'une couche liquide semblable existe sur une surface métallique dont la température s'élève brusquement de 50° par exemple, la vaporisation de cette eau sera instantanée et cette vaporisation représentera une certaine quantité de chaleur qui aura dû être fournie par le métal.

Un phénomène analogue se passe dans le cylindre : une couche d'eau d'épaisseur très faible est déposée sur le piston et les parois tenus par la vapeur à une température de 100° par exemple ; tant que la pression de la vapeur s'exerce dans le cylindre, l'eau n'éprouve pas d'évaporation sensible ; mais dès que la pression cesse, pour ainsi dire, par suite de l'ouverture de la communication avec le condenseur, le point d'ébullition sous pression réduite tombe par exemple à 50° et, comme le métal est à 100, il y a un excès de 50° qui, agissant sur une couche extrêmement réduite, produit une vaporisation instantanée.

Lorsque la vapeur agit avec détente, la perte par l'évaporation dans le cylindre serait moindre qu'à pleine pression, puisqu'une partie plus ou moins grande de la vapeur ainsi condensée, peut-être même la totalité, se revaporise pendant la détente à la faveur de l'abaissement de la pression et produit un effet utile sur le piston. Ce n'est que la partie de l'eau qui reste liquide au commencement de la période d'échappement qui donne lieu à une perte et la perte sera ainsi proportionnellement moindre.

Tout ce qui précède montre combien il est utile de prévenir la présence de l'eau dans les cylindres des machines. L'auteur entre dans quelques considérations sur les moyens qu'on peut employer contre l'entraînement de l'eau avec la vapeur. On peut produire celle-ci par des procédés du genre de celui d'Howard dans son générateur à vaporisation instantanée ; on peut surchauffer la vapeur après sa production, soit par sa circulation dans des tuyaux chauffés extérieurement, soit par barbotage dans des liquides portés à une température élevée. L'auteur a fait quelques expériences sur cette question et appelle l'attention sur elle à cause de l'intérêt considérable qu'elle présente.

Dans un autre ordre d'idées la condensation peut être perfectionnée dans les machines à vapeur. Le vide n'est généralement pas suffisant derrière le piston, on remarque sur les diagrammes d'indicateur qu'il n'arrive à son maximum que presque vers le milieu de la course. Cet effet tient généralement à la proportion insuffisante du volume du condenseur. Les bons résultats obtenus du condenseur de Hall tiennent

moins peut-être au principe de la condensation par surface qu'au volume présenté par la masse des tubes, volume qui est relativement beaucoup plus grand que celui d'un condenseur ordinaire à injection.

Dans ces derniers il est indispensable de diviser l'eau le plus possible, de la réduire en très petites gouttelettes (1) et de l'envoyer dans toutes les parties du condenseur pour les mettre en contact aussi intime que possible avec la totalité de la vapeur. Il serait également utile de régler l'injection automatiquement d'après la température de l'eau de la bâche du condenseur.

Quelques expériences ont indiqué à l'auteur qu'on pourrait peut-être revenir à opérer la condensation dans le cylindre lui-même sans trop de perte de calorique en employant de l'eau extrêmement divisée et en étendant le jet dans toute la capacité du cylindre. On peut ainsi obtenir une condensation très rapide tant que la pression de la vapeur n'est pas supérieure à la pression atmosphérique.

Dans ces expériences le cylindre et le piston étaient garnis intérieurement de bois préparé de manière à être imperméable à la vapeur et à l'eau, et formant un revêtement n'ayant qu'un faible pouvoir absorbant et conducteur du calorique.

Il y a évidemment, dans ce qui précède, bien des points dont l'exactitude paraît aujourd'hui contestable ; mais, quoi qu'il en soit, il est toujours intéressant de montrer qu'il y a cinquante ans, il y avait déjà des Ingénieurs qui ne se contentaient pas des théories insuffisantes en honneur à l'époque, et qui cherchaient à expliquer pourquoi ces théories ne rendaient aucunement compte des faits constatés dans la pratique. A ce titre, le document dont nous venons de reproduire la plus grande partie méritait d'être signalé.

Transport du charbon par tuyaux. — Les journaux américains annoncent que M. Wallace Andrews, président de la New-York Steam Company, étudie très sérieusement la question du transport des houilles de Pensylvanie au bord de l'Océan par des *pipe lines* comme celles qu'on emploie pour le transport à grande distance des pétroles.

Cette conduite irait du district de Connesville à New-York. Le charbon serait broyé fin et mélangé d'un volume d'eau égal au sien, puis refoulé dans la conduite. Arrivé à destination, il serait décanté dans des bassins de repos, puis séché et transformé en briquettes.

Des essais faits sur une petite échelle ont montré que le plan était très réalisable. On réaliserait une grande économie pour le transport, d'autant plus que les frais de broyage seraient attribuables à la fabrication des briquettes et qu'on profiterait de cette opération pour laver le charbon et le débarrasser du soufre qu'il contient.

La vitesse de circulation dans les conduites serait de 5 milles à l'heure, soit 8 *km* à l'heure ou 2,22 *m* par seconde. On a calculé qu'avec cette vitesse, un tuyau de 0,305 *m* de diamètre pourrait débiter 5 000 *t* de charbon par 24 heures, soit l'équivalent de 10 trains de 50 wagons.

On ne dit pas comment seraient établies les pompes destinées à refouler le mélange ; il y aurait peut-être là une assez grande difficulté. N'y

(1) Ce que nous appellerions aujourd'hui pulvériser.

aurait-il pas également à craindre une usure rapide des tuyaux et l'engorgement possible de la conduite ?

Ce sont des questions que l'expérience résoudra si, comme on l'indique, une première installation est sur le point de se réaliser.

Un singulier cas d'explosion. — Une lettre adressée au journal *Engincering* par M. Apjohn, ingénieur de la Commission du port de Calcutta, signale un singulier accident dû à un concours vraiment extraordinaire de circonstances et qui a eu des conséquences mortelles pour neuf personnes.

Voici les faits. En juillet 1890, le steamer *Regius*, amarré dans le port de Calcutta fut coulé par collision avec un autre navire. Le *Regius*, qui était arrivé le matin même, avait un plein chargement de thé, de riz et de graines oléagineuses. Il avait coulé le long du bord où se trouvent des constructions, notamment des usines, de sorte qu'on n'osa pas le faire sauter de crainte d'accidents. Comme d'ailleurs il ne gênait pas beaucoup la navigation, on se contenta d'abandonner l'épave en la signalant par des bouées. Il y avait environ 12 pieds d'eau au-dessus à marée basse.

Le 13 janvier 1892 le vapeur *Lindula*, en manœuvrant pour sortir du port, heurta avec son étrave la coque du *Regius* et, presque aussitôt, une explosion se produisit dans le poste de l'avant où une partie de l'équipage était en train de déjeuner et tua deux hommes sur le coup en brûlant ou blessant les autres de telle sorte que sept moururent peu de temps après à l'hôpital où ils avaient été transportés.

L'enquête du coroner établit que. dès le choc, il s'était produit à l'extrême-avant une sorte de bruissement, qu'un homme avait été avec une lumière pour voir ce que c'était et avait ainsi déterminé l'explosion. On supposa tout d'abord que cette explosion était due à des gaz dégagés de l'épave du *Regius*, parce qu'on avait observé à plusieurs reprises des bulles abondantes qui s'élevaient à la surface de l'eau, à la place où le navire était coulé. Cette opinion fut d'ailleurs adoptée par le jury d'enquête dans son verdict.

M. Apjohn recueillit de ces bulles et constata que c'était de l'hydrogène protocarboné ou gaz des marais (appelé aujourd'hui formène) qui brûle avec une flamme bleue et forme avec l'air des mélanges détonants dont le maximum de violence se produit pour une proportion de 1 de gaz contre 10 d'air. Ce gaz se dégage dans la décomposition des matières organiques du genre de celles qui formaient le chargement du *Regius*.

Le *Lindula* fut mis à la forme sèche et on constata à l'avant un trou de 65 dm^2. L'examen de l'épave par des plongeurs fit reconnaitre que le *Regius* était couché sur le flanc avec le pont vertical et les côtés horizontaux ; la partie supérieure de la coque au-dessus des panneaux du pont s'était remplie de gaz et lorsque l'avant du *Lindula* avait heurté l'angle formé par le pont et le flanc du navire coulé, il s'était produit une déchirure dans les deux coques, déchirure par laquelle le gaz comprimé sous une charge d'eau de 30 pieds environ avait fait instantanément irruption dans le poste d'avant du *Lindula* en formant un mélange détonant qu'une lumière avait enflammé. Le volume du poste était de

90 m^3, de sorte qu'il avait suffi de 9 m^3 de gaz pour former le mélange.

Comme on ne pouvait enlever l'épave du *Regius* pour les raisons qui ont été déjà indiquées, on a pour prévenir le retour d'accidents de même genre, pratiqué des ouvertures dans le flanc du navire, de manière à empêcher l'accumulation des gaz.

Éclairage électrique des voitures de chemins de fer. — M. R. Weyermann, ingénieur du matériel du chemin de fer Jura-Simplon, a donné dans le *Railway Engineer* une note très complète sur l'emploi de l'électricité pour l'éclairage des voitures de cette ligne.

Jusqu'en 1889 toutes les voitures du Jura-Simplon étaient éclairées au pétrole. Cette année, le département fédéral des chemins de fer imposa aux principales compagnies l'usage du gaz pour l'éclairage, usage déjà adopté précédemment par l'Union suisse, puis par le Gothard et le Central, qui employaient l'éclairage au gaz pour leurs trains express. L'introduction générale de ce mode d'éclairage en Suisse devait entraîner une dépense assez considérable pour que la question méritât d'être étudiée avec attention.

Les ingénieurs du Jura-Simplon ont pensé avec raison que comme on pourrait facilement en Suisse obtenir à bon marché l'électricité avec des moteurs hydrauliques, c'était plutôt vers l'éclairage électrique qu'il fallait chercher la solution et qu'en tout cas il était utile de procéder à quelques essais dans cet ordre d'idées.

On sait que le courant pour l'éclairage des moteurs peut être produit de diverses manières. On peut employer des accumulateurs ou bien produire l'électricité par une dynamo placée dans le fourgon et actionnée par l'essieu de ce fourgon ou par une machine spéciale. On peut combiner aussi ces deux modes de production et, dans ces deux dernières solutions, il faut établir des conducteurs d'une voiture à l'autre le long du train.

La nature du service des trains directs en Suisse rend l'emploi des conducteurs très difficile. Ces trains sont formés de voitures appartenant à diverses compagnies et doivent fréquemment être décomposés aux points de bifurcation de manière que les voyageurs puissent atteindre leur destination dans différentes directions sans changement de voitures.

Il était donc nécessaire que chaque véhicule eût en lui sa source d'électricité sous forme d'accumulateurs, et c'est dans ce sens que les essais ont été tentés. En 1889, on a installé l'éclairage électrique sur trois voitures qu'on a munies d'accumulateurs système Huber, fabriqués par MM. E. Blanc et C^ie^ à Marly, près Fribourg. Les batteries étaient chargées aux ateliers de la Compagnie par une petite dynamo actionnée par une transmission. Les résultats ont été pleinement satisfaisants et, dans le courant de cette même année 1889, quatre autres voitures furent pourvues de cette installation.

Au début, on éprouva des difficultés avec les lampes à incandescence à cause des vibrations qu'elles éprouvaient dans les voitures et qui ébranlaient le ciment non conducteur remplissant la base de la lampe. On essaya quantité de systèmes sans grand succès. On réussit dans une

certaine mesure en suspendant les lampes à l'aide de ressorts, mais alors la fixité de la lumière laissait à désirer. Enfin on finit par obtenir de bons résultats avec des lampes spéciales fabriquées par MM. Siemens et Halske, de Berlin. On trouva également que la chaleur dégagée par les lampes amenait leur détérioration rapide et que les résultats étaient bien meilleurs lorsque le globe se trouvait rafraichi par un courant d'air.

Après une année d'expérience, les résultats finirent par être tels que, lorsque la Compagnie eut à commander en 1890 un certain nombre de voitures, l'adoption de l'éclairage électrique ne pouvait plus être mise en question.

A la fin de 1891, le Jura-Simplon avait 18 voitures de premières et secondes, 60 de troisièmes et 12 fourgons éclairés à l'électricité; le même éclairage va être appliqué à 20 fourgons et 100 voitures actuellement en construction.

Les accumulateurs sont placés dans une caisse sous le plancher de la voiture et peuvent être mis et enlevés par l'extérieur. Cette caisse a 0.40 *m*, 0,75 *m* et 0,50 *m* de hauteur. Les accumulateurs pèsent 110 *kg* et peuvent être facilement manœuvrés par deux hommes. Chaque batterie comporte trois auges en ébonite dont les couvercles ont des trous pour le dégagement des gaz; chaque auge contient trois éléments composés d'un certain nombre de plaques positives et négatives baignées dans une solution d'acide sulfurique à raison de 1 d'acide pour 10 d'eau. Les neuf éléments sont accouplés en série et donnent une force électromotrice de 18 volts. La capacité de la batterie est de 125 ampères-heures et le débit maximum de 15 à 18 ampères.

Les lampes à incandescence exigent 3 watts d'énergie électrique par bougie pour donner l'éclat normal, la tension étant de 18 volts, c'est donc un débit de un ampère pour 6 bougies. La batterie nouvellement chargée a donc une capacité d'environ 750 bougies-heures, avec un maximum de 100 bougies.

On emploie des lampes de 10 et 5 bougies, les premières pour l'intérieur des voitures, les autres pour les plates-formes et les cabinets de toilette, toutes les voitures étant, comme on sait, établies dans le système américain.

La quantité totale de lumière de chaque voiture varie de 40 bougies pour les troisièmes à 70 pour les premières, les fourgons ont 30 bougies. Une batterie peut donc éclairer une voiture de troisième pendant 18 1/2 heures et une de premières pendant 10 1/2 heures. Dans toutes les voitures neuves, on a réservé de la place pour deux batteries, parce qu'avec certaines nouvelles combinaisons de trains, les voitures pourraient ne pas revenir assez à temps dans les stations où on peut changer les accumulateurs.

La pose des accumulateurs se fait avec la plus grande facilité. La caisse placée sous la voiture a une porte qu'on ouvre, on introduit la batterie et on la pousse au fond, ses pôles viennent en contact avec des bandes de cuivre communiquant avec les conducteurs. Lorsqu'on ferme la porte, des rondelles de caoutchouc pressent contre la batterie et maintiennent ces parties en contact. Les conducteurs vont d'un bout à l'autre

de la voiture et sont recouverts par les corniches du plafond ; deux fils de faible section les réunissent aux lampes.

Il y a, à l'extrémité de la voiture, un commutateur qui permet de faire passer le courant ou de l'interrompre. Ce commutateur est manœuvré seulement par les conducteurs du train au moyen d'une clé spéciale. Les lampes sont placées sous les ventilateurs de manière à être rafraîchies par le courant d'air ascendant. Cette précaution est, comme on l'a déjà fait remarquer, utile pour assurer la durée des lampes.

Les lampes peuvent être recouvertes d'écrans disposés à la manière ordinaire, mais il ne serait pas facile d'en baisser la lumière la nuit sans des arrangements très compliqués et c'est là un inconvénient assez sérieux. On a essayé d'y remédier en doublant les lampes, c'est-à-dire en mettant dans chaque compartiment 2 lampes de 5 bougies dans le même globe, au lieu d'une de 10. Le commutateur est disposé de manière qu'on puisse faire passer le courant directement ou en série dans les lampes ; dans le premier cas, elles donnent leur lumière normale et, dans le second, seulement la moitié. On peut obtenir le même résultat avec une seule lampe et employant une résistance additionnelle pour réduire la lumière, mais alors on dépense autant d'énergie électrique à demi qu'à pleine lumière, ce qu'on évite avec le passage en série. Cette disposition est simple, mais elle coûte plus cher d'installation que ne vaut l'avantage et on y a renoncé.

Le succès de l'éclairage électrique dépend en grande partie de l'efficacité et de la durée des accumulateurs et il est essentiel d'avoir toujours ceux-ci en parfait état. La principale condition pour y arriver est de limiter la décharge pour ne pas fatiguer les plaques. On n'avait pas jusqu'ici d'appareils à mesurer le débit d'électricité d'un accumulateur applicable à un service de chemins de fer. Voici comment on a procédé pour y suppléer.

Dans les voitures de seconde classe et de troisième, il n'y a qu'un commutateur par voiture ; dans celles de première, il y a un commutateur par compartiment ; cela s'explique par la faible fréquentation de ces dernières voitures. Il y en a d'ailleurs très peu, de sorte qu'on peut en faire abstraction. Il est donc facile pour un nombre donné de bougies, de déterminer le nombre exact d'heures pendant lequel la batterie peut donner le courant normal sans dépasser la limite de 750 bougies-heures.

L'appareil employé consiste en une horloge ordinaire mais construite très solidement, placée sous la voiture à côté de la caisse que contient les accumulateurs. La manœuvre du commutateur agit sur le balancier de l'horloge de telle sorte que celle-ci ne marche que tant que la lumière fonctionne. Le cadran de l'horloge indique donc le nombre d'heures pendant lequel les accumulateurs ont fourni de l'électricité. Il est divisé en 30 heures et une aiguille rouge marque le point de départ.

Cette disposition très simple permet à l'homme qui inspecte les accumulateurs à certaines gares de voir d'un seul coup d'œil si ceux-ci ont besoin ou non d'être chargés. Chaque fois qu'on fait cette opération, le surveillant remonte l'horloge et met l'aiguille au zéro.

C'est grâce à ce moyen de contrôle que la Société de Marly a pu entreprendre l'entretien des accumulateurs à raison de 25 *f* par batterie et par an.

Les batteries sorties des voitures sont chargées dans un wagon spécial et envoyées à Fribourg, aux ateliers de la Compagnie, où on les recharge dans le wagon même. Ces wagons peuvent contenir 60 batteries ou 12 jeux de 5 accouplées en séries. La force électro motrice pour les recharger à 20 ou 22 volts est de 100 à 110 volts.

Le pôle positif de la première et le pôle négatif de la cinquième batterie sont mis en contact avec des pièces par lesquelles se transmet le courant engendré par la dynamo.

M. Weyermann ne donne pas d'indication sur le coût de la lumière, mais un article de M. Palaz, publié dans *l'Électricien*, l'estime par un calcul très détaillé à 2,97 *f* par bougie et par an, alors que l'éclairage au pétrole coûterait pour la même intensité lumineuse 3,23 *f*. Il y aurait donc économie notable dans l'éclairage électrique sans compter la très grande facilité d'allumage et d'extinction. Il nous a semblé toutefois que les conducteurs du Jura-Simplon avaient des instructions pour user de la lumière électrique avec la plus extrême parcimonie, mais cela peut tenir au fait que la source d'électricité est limitée plus qu'au coût même de la lumière.

Puisque nous sommes sur le chapitre du Jura-Simplon, nous pouvons ajouter ce qui suit :

Une force de 300 *chx*, appartenant à MM. Bœsch, Schwab et Cie, de Bonjean, va être transmise à Bienne aux ateliers du Jura-Simplon et à la gare, pour être employée comme force motrice pour les machines, outils, ponts roulants, etc., pour l'éclairage électrique et pour la charge des accumulateurs des wagons. Afin d'obtenir une sécurité absolue et un maniement tout à fait simple, la Direction du Jura-Simplon s'est décidée, après avoir consulté des experts, à employer le courant triphasé. Le trait saillant de cette installation sera sans doute les transformateurs moteurs, c'est-à-dire les machines qui, non seulement transforment le courant continu triphasé de haute tension en courant continu de basse tension, mais qui travaillent en même temps comme moteurs. C'est là la dernière création de la construction électrique et une spécialité de la maison Z. Lahmeyer et Cie, de Francfort.

Voilà ce que disent les journaux suisses, et il était utile de le préciser, parce que certaines publications techniques ont paru croire qu'il s'agissait de faire un essai en grand de traction électrique.

Production du fer et de l'acier en Amérique. — Il a été construit aux États-Unis, en 1891, 52 nouveaux hauts fourneaux, 1 à l'anthracite, 16 au charbon de bois et 35 au coke ou au charbon bitumineux. En revanche, 58 hauts fourneaux ont été éteints ou démolis, mais, comme tous les nouveaux sont de grande capacité et que presque tous les fourneaux supprimés étaient de petite, la capacité totale a considérablement augmenté. On a construit 43 laminoirs en 1891 et on en a supprimé 28 et, pour la même raison que ci-dessus, la capacité de production a augmenté plus rapidement que le nombre.

Il a été établi pendant la même période 6 nouvelles aciéries Bessemer, ce qui donne pour les Etats-Unis un total de 46 avec 95 convertisseurs. Il y a en plus 5 installations Clapp-Griffith et 4 Robert-Bessemer avec un total de 15 convertisseurs. La fabrication de l'acier sur sole s'est également largement développée ; on a créé 17 nouvelles installations, ce qui donne un total de 71 en activité plus 5 en construction. La fabrication de l'acier basique se développe, mais elle est loin de lutter encore avec celle du procédé acide. L'acier au creuset a sa production représentée par 45 installations en marche et 1 en construction.

On disait que l'acier allait partout remplacer le fer et que le puddlage ne serait bientôt plus qu'un souvenir. Cette prédiction ne semble pas devoir se réaliser de sitôt en Amérique. Il y avait en 1891 5 120 fours à puddler en marche avec une augmentation de 206 depuis trois ans. Cependant la fabrication des rails en fer a beaucoup diminué, et pour cet usage tout au moins le progrès de l'acier est indiscutable.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mars 1892

Rapport de M. Imbs sur les **procédés graphiques et appareils** de M. H. Rousse pour la reproduction en tissus et à toute échelle désirée, sans armures ni cartons, des peintures ou décorations les plus variées.

Les procédés de M. Rousse permettent avec simplicité, économie et aisance de réaliser mécaniquement des effets décoratifs de tissus représentant des peintures, tableaux, etc., pour lesquels le peintre ne s'est en rien préoccupé de prévoir et de faciliter la reproduction de son œuvre sous forme de tissu.

Le principe est l'emploi de tissus-chenilles dans lesquels le fil de la trame apparente est préparé au préalable sous forme de chenille veloutée à coloris successifs s'échelonnant sur toute sa longueur. L'échelonnement des coloris divers doit être tel que, dans les évolutions alternatives que fera cette trame-chenille dans le tissu définitif, ses coloris divers longitudinaux viennent avec exactitude se juxtaposer transversalement et construire les figures ou effets désirés. L'exécution du tissu définitif n'est donc autre que celle d'un tissu ordinaire des plus simples, mais c'est la préparation de la trame-chenille à coloris successifs qui présente toute la difficulté et ce sont les procédés imaginés et employés par M. Rousse qui font le grand mérite de l'invention. Ils sont réalisés par les dispositifs spéciaux d'un métier préparatoire et un organisme de sélection dont il nous serait bien difficile de donner une idée suffisante sans le secours des figures qui accompagnent le rapport.

Ces procédés paraissent devoir trouver des applications utiles, surtout pour certaines étoffes d'ameublement.

Rapport de M. Brull sur une **chaudière multitubulaire à tubes curvilignes,** présentée par M. Durenne.

Cette chaudière a été imaginée par M. Krebs, major du régiment des sapeurs-pompiers. Le générateur est vertical et à foyer intérieur; il est formé d'un corps annulaire et d'un faisceau tubulaire dans lequel passe l'eau. Les tubes vont du bas des parois verticales du foyer au ciel de ce foyer autour de la cheminée centrale.

Une chaudière de 7,50 m^2 de surface de chauffe pour pompes à vapeur contient cinq rangées circulaires de dix-huit tubes en cuivre rouge de 25 *mm* de diamètre. Ces tubes sont sertis et bagués et leur courbure

donne toute facilité pour la dilatation. La vapeur est séchée et surchauffée dans une enveloppe annulaire disposée autour de la cheminée. Cette chaudière pèse, à vide, 645 *kg*, soit 86,3 par mètre carré de surface de chauffe ; elle contient 87 *l* d'eau. Elle est timbrée à 10 *kg* pour une marche normale à 8. A cette dernière pression on produit de 44 à 78 *kg* de vapeur par mètre carré de surface de chauffe avec une vaporisation de 7,36 à 5,30 *kg* d'eau par kilogramme de combustible. Le nettoyage est très facile et la mise en pression très rapide. Ces divers avantages sont de nature à faire recommander ce type de générateur.

Rapport de M. Mascart sur un **compteur d'énergie électrique,** présenté par M. Marès.

Dans ce compteur, comme dans beaucoup d'instruments imaginés dans le même but, l'énergie électrique s'évalue à chaque instant par l'action réciproque de deux bobines, dont l'une reçoit le courant principal et l'autre un courant dérivé proportionnel à la force électromotrice entre les points d'entrée et de sortie du circuit utilisé. Cette force est équilibrée à intervalles périodiques par le déplacement d'un poids curseur sur le fléau d'une sorte de romaine. La somme des déplacements du curseur s'enregistre sur un rouage approprié ; elle est proportionnelle au travail électrique correspondant.

Cet appareil a été réalisé avec une grande perfection et il donne de très bons résultats en pratique.

Recherches sur **l'adhérence aux feuilles des plantes de diverses compositions cuivriques** employées pour combattre leurs maladies, par M. Aimé Girard.

On sait qu'on emploie les bouillies à base de cuivre pour combattre le mildew de la vigne, la maladie des pommes de terre, celle des tomates, etc. Si ce traitement réussit d'une manière très générale, on peut néanmoins constater quelques insuccès qui ont paru à l'auteur pouvoir être attribués au fait que, dans ces cas, la bouillie bordelaise n'avait pas montré assez d'adhérence aux feuilles. Il s'est donc proposé de rechercher si, parmi les autres préparations cuivriques proposées dans le même but, il n'y en avait pas qui auraient une faculté d'adhérence plus marquée et sur lesquelles, par conséquent, on pût compter avec plus de certitude.

Le principe des recherches effectuées consiste à arroser les plantes avec les préparations cupriques, à les soumettre à une aspersion artificielle analogue à une pluie d'orage et à déterminer la quantité de cuivre présente sur les feuilles avant et après cette aspersion. On a reconnu ainsi des facultés d'adhérence très différentes; ainsi, la bouillie cuprosodique, d'une part, et la bouillie au verdet, d'une autre, possèdent des facultés d'adhérence presque doubles des autres, et par-dessus toutes les autres, la bouillie au saccharate de cuivre et de chaux de M. Michel Perret résiste avec une force inattendue aux pluies faibles ou fortes et se laisse à peine entamer par les pluies d'orage.

Rapport de M. A. Tresca sur les **opérations du concours de**

la ramie, machines et appareils propres à la décortication de la ramie, organisé par la Société des Agriculteurs de France.

La Société des Agriculteurs de France avait organisé, en septembre 1891, un concours de machines à décortiquer la ramie. Ce concours a eu lieu dans la plaine de Gennevilliers, où un champ d'un hectare avait été cultivé en ramie et où les machines étaient disposées à côté, de manière à pouvoir opérer sur la plante fraîchement coupée.

Six constructeurs ont pris part au concours.

Le jury, tout en reconnaissant que les machines exposées avaient résolu, d'une manière pratique, l'opération du décortiquage de la ramie, n'a point décerné de premier prix, il s'est borné à l'attribution de médailles d'or, d'argent et de bronze. Les médailles d'or ont été décernées à M. Faure et à M. Norbert de Landtsheer.

Un des éléments d'appréciation de la valeur industrielle des machines à décortiquer la ramie étant le travail moteur nécessaire pour leur mise en action, la commission d'organisation du concours dut faire des essais dynamométriques dans le but de constater la quantité de travail absorbé. Ces essais ont été faits à l'aide du dynamomètre de rotation appartenant à la Société des Agriculteurs de France.

En dehors des résultats comparatifs obtenus avec les diverses machines, ces essais ont permis de constater pour la première fois un fait des plus intéressants, savoir qu'environ deux fois plus de travail mécanique est nécessaire pour décortiquer à sec, au lieu de décortiquer en vert les matières nécessaires pour donner la même quantité de produits préparés; le rapport exact est 1,858 en moyenne.

Prix proposé par la Société Industrielle de Mulhouse pour un **projet d'installation d'une station centrale de force dans la Haute-Alsace** (voir Chronique de février 1892, p. 237).

Purification de l'eau, par le professeur Albert R. Leeds (extrait du *Chemical News*). — Il s'agit de considérations relatives à la filtration de l'eau et à la manière d'opérer cette filtration en grand. En Amérique et en Angleterre, on tient absolument à n'employer que de l'eau filtrée pour l'alimentation des villes, et dans ce dernier pays on place généralement au fond des puits où arrive l'eau filtrée un pavé de porcelaine blanche au moyen duquel on peut juger parfaitement de la limpidité de l'eau, même sur une hauteur de couche de 1,70 à 2 *m*.

Procédé de Greenwood pour la **production directe du chlore et de la soude caustique** (extrait du *Chemical News*).

Ce procédé consiste dans la décomposition, par un courant électrique, du sel marin dissous dans l'eau. On emploie des anodes ou charbon de cornues et des cathodes en fonte. Le chlore se dégage à l'état gazeux et la dissolution de soude caustique est concentrée pour donner la soude à l'état solide.

Principes fondamentaux de l'**analyse chimique des vins purs,** par MM. Fresenius et B. Haas (extrait du *Chemical News*).

ANNALES DES MINES

6e Livraison de 1891

Revue de l'**état actuel de la construction des machines**, par M. Ed. Sauvage, Ingénieur des mines, professeur du cours de machines à l'École nationale supérieure des Mines.

Ce mémoire, dont nous avons cité la première partie dans les Comptes rendus de décembre 1890, page 892, se termine par l'étude des moteurs hydrauliques, roues, turbines, moteurs à piston, celle des transmissions hydrauliques de la puissance motrice, les machines élévatoires, pompes à piston et pompes rotatives, roues, etc., la compression de l'air par ventilateurs, machines soufflantes, compresseurs, les emplois de l'air comprimé et les moulins à vent. Un chapitre est consacré aux machines frigorifiques, un autre aux machines-outils pour le travail des métaux avec quelques considérations sur la forge et la fonderie, et la dernière partie concerne les appareils d'essai et de mesure. L'auteur fait observer avec raison, à titre de conclusion, que le rôle de la théorie n'est plus limité actuellement à l'étude de quelques traits généraux dans la construction des machines, mais qu'on y trouve en chaque point une application toujours plus importante des principes de la science qui seule peut amener les progrès de la construction et nous donner ainsi les moyens d'augmenter sans cesse l'effet utile du travail de l'homme.

Analyse des rapports officiels sur les **accidents de grisou** survenus en France pendant les années 1888 à 1890, par M. E. de Billy, Ingénieur des Mines.

Ces accidents sont au nombre de 29 et ont causé la mort de 396 personnes, dont 225 pour 1889, et des blessures à 84. On doit y ajouter un certain nombre d'accidents qui, sans être dus au grisou, ont avec ceux-ci certaines ressemblances, tels que les coups de poussières et les accidents dus aux gaz autres que le grisou, inflammables ou délétères. Parmi ceux-ci, on trouve le coup de poussières de La Machine, qui a amené la mort de 43 ouvriers, le 18 février 1890.

Accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur en 1890.

Il y a eu, en 1890, 34 accidents qui ont amené la mort de 29 personnes et causé des blessures à 16 autres. Il y a eu 19 accidents à des chaudières chauffées extérieurement, 7 à des chaudières chauffées intérieurement, 2 à des réchauffeurs et 6 à des récipients ou appareils assimilables.

Au point de vue des causes qui ont amené les accidents, on peut attribuer 13 de ceux-ci à des conditions défectueuses d'établissement, 13 à des conditions défectueuses d'entretien, et 13 à un mauvais emploi des appareils; enfin, 2 accidents sont attribués à des causes restées in-

connues. Le nombre total des causes présumées est supérieur à celui des accidents, parce que le même accident a quelquefois été attribué à plusieurs causes réunies.

1re Livraison de 1892 (1)

Note sur les **tremblements de terre en Algérie**, par M. Chesneau, Ingénieur des Mines.

Cette note est extraite du rapport relatif à la mission exécutée en 1888, conformément à une décision, en date du 18 février 1888, de M. le Ministre des Travaux publics.

Elle comprend un historique des tremblements de terre en Algérie, historique forcément limité par la difficulté qu'on éprouve à recueillir les documents et qui ne remonte qu'au XVIe siècle.

Des secousses terribles eurent lieu en 1716 et en 1790; ces dernières notamment firent des dégâts énormes, elles bouleversèrent Oran, occupée par les Espagnols, et amenèrent, par la révolte des Arabes, leur expulsion finale de l'Afrique. D'autres tremblements de terre moins violents eurent lieu en 1810, 1819 et 1825. Ce dernier détruisit Blidah et deux villages voisins, en ensevelissant 7 000 personnes sous les ruines. Depuis cette époque, on enregistre des secousses très fréquentes, mais qui n'ont pas causé de dommages sérieux, sauf en 1867 où, aux environs de Blidah, il y eut 73 personnes tuées et plus de 200 blessées. En somme, depuis trois cent cinquante ans, on ne compte en Algérie que six commotions ayant fait beaucoup de victimes, ce qui met ce pays dans des conditions bien plus favorables que l'Italie et l'Espagne où, en quatre années, il y a eu autant de pertes que n'en ont causées toutes les commotions de l'Algérie pendant plus de trois siècles.

Le mémoire examine ensuite les influences des conditions géologiques et de la nature du sol sur la propagation et l'intensité des tremblements de terre. On sait que leurs effets dépendent beaucoup, comme leur vitesse de propagation, de la nature des terrains qu'ils affectent. En Algérie, c'est surtout la périphérie des dépôts d'alluvion de la Mitidja qui offre le plus de danger, et c'est en effet dans les localités situées dans cette région qu'ont été observés les plus grands dommages. Les villes bâties sur des terrains rocheux ont généralement échappé au désastre. On peut constater que la plupart des centres de population sont mal placés au point de vue des effets mécaniques des tremblements de terre, parce qu'on les a établis à proximité des meilleurs terrains de culture les mieux arrosés et situés par conséquent dans les plaines d'alluvions ou de couches meubles. Il y a là une situation contre laquelle il est bien difficile de lutter, car les dommages aléatoires des tremblements de terre ne peuvent que difficilement être mis en balance avec les avantages immédiats et certains que l'habitant retire d'une région favorisée. Tout au plus peut-on essayer de lutter contre les secousses sismiques par les moyens préventifs déduits de la théorie et de la pratique, comme l'ont

(1) Depuis le mois de janvier de cette année, les *Annales des Mines* paraissent par livraisons mensuelles.

indiqué, en Espagne et en Italie les commissions chargées d'étudier les derniers tremblements de terre de l'Andalousie et d'Ischia.

Expériences sur les lampes de sûreté.

Rapport présenté à la commission du grisou au nom de la sous-commission chargée des recherches expérimentales.

Ces expériences, faites par MM. Mallard, Le Chatelier et Chesneau, ont été exécutées avec des mélanges explosifs d'air et de formène, à l'état de repos ou animés d'une faible vitesse. Le mélange était placé dans une capacité où se trouvait la lampe de sûreté à expérimenter, qu'on pouvait laisser plusieurs heures au besoin dans le mélange détonant.

On a également expérimenté avec un appareil où la lampe était en contact avec un mélange d'air et de gaz d'éclairage animé d'une grande vitesse. On a pu constater qu'un certain nombre de lampes présentaient toutes les conditions de sécurité désirables.

Note sur la **fabrication de la fonte aux États-Unis**, par M. de Billy, Ingénieur des Mines.

La fabrication de la fonte a fait d'énormes progrès aux États-Unis depuis dix ans, et on peut dire qu'aujourd'hui, au point de vue des hauts fourneaux, l'Europe est distancée par l'Amérique. Ces résultats tiennent en partie à la richesse des minerais, mais ils sont également dus, dans une large mesure, à la construction et à la conduite des hauts fourneaux, qui diffèrent considérablement des nôtres.

De **l'action de l'eau en mouvement sur quelques minéraux**, par M. J. Thoulet, professeur à la Faculté des sciences de Nancy.

L'auteur s'est proposé de rechercher expérimentalement si un minéral plongé dans l'eau est plus usé lorsque l'eau est en mouvement que lorsqu'elle est en repos, et de mesurer la différence. Il a opéré sur des fragments de matières diverses, telles que marbre blanc, calcaire lithographique, etc., pesés secs, et soumis, dans un tube de verre, à un courant d'eau pendant un temps considérable qui a été jusqu'à 333 jours. L'auteur a constaté l'excès d'usure due au mouvement de l'eau et a pu la mesurer par différence de poids. Ramenée à la surface du fragment expérimenté, elle est naturellement très faible. Disons, à titre d'exemple, que, pour du calcaire lithographique, elle a été au maximum de 406 dix-millièmes de millimètre, ce qui donne par heure la valeur de 0,0000235 *mm*, soit 235 dix-millionièmes de millimètre.

2e Livraison de 1892.

Mémoire sur les **Progrès de la Métallurgie du nickel** et sur les récentes applications de ce métal, par M. D. Levat, Ingénieur civil des mines.

On sait que le nickel, qui était très rare, il y a une quinzaine d'années, a vu sa production se développer considérablement depuis la découverte des grands gisements de la Nouvelle-Calédonie et du Canada; le prix en est tombé à 5 à 6 *f* le kilogramme.

La note étudie successivement les minerais de la Nouvelle-Calédonie et ceux du Canada, les méthodes d'exploitation et le traitement, l'affinage et les propriétés du nickel et de ses alliages.

Le nickel pur ne sert guère que pour le placage et le nickelage, mais en alliage il a de nombreuses applications, le maillechort, l'alliage pour les enveloppes de balles d'armes à petit calibre et grande vitesse initiale, la monnaie de billon employée dans un certain nombre de pays, l'acier et nickel pour plaques de blindage, etc.

Note sur les **Gîtes de naphte de Kend-E-Chirin en Perse**, par M. J. DE MORGAN, Ingénieur civil des mines.

Ces gites pétrolifères paraissent très importants, ils sont d'ailleurs, semble-t-il, exploités depuis une époque très ancienne, mais sur une très petite échelle. Le développement de cette exploitation aurait un très grand intérêt pour la Perse où les combustibles et les huiles d'éclairage sont d'un prix très élevé. L'exportation pourrait se faire par Bagdad et ces pétroles pourraient facilement lutter pour les Indes et l'Extrême Orient avec les naphtes de Bakou.

Note sur les **Résultats des travaux de la commission autrichienne du grisou**, par M. CHESNEAU, Ingénieur des mines.

Ces recherches comprennent l'étude des propriétés du grisou et des circonstances qui influent sur son dégagement, des expériences sur les lampes de sûreté, sur les indicateurs de grisou et sur les explosifs.

A ce dernier point de vue, les expériences de la commission autrichienne confirment pleinement les recherches faites en France, notamment à Liévin, et qui ont démontré de même l'inflammabilité des poussières par les explosifs brisants en cartouches libres ou bourrées avec des poussières et l'influence remarquable de bourrages de sable même de très peu d'épaisseur.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 5 mars 1892.

Observations de M. LEBLANC sur la **Concordance des grandes explosions de grisou et des grands aérages.**

L'auteur cite, d'après les *Annales des Mines*, un certain nombre d'explosions de grisou pour lesquelles on a pu constater la simultanéité d'un aérage important.

Il désire appeler l'attention sur ce fait où il y a peut-être autre chose qu'une simple concordance. Il est possible que, plus l'aérage est actif, plus l'explosion acquiert d'importance en ravageant toute la mine et en cau-

sant la mort de tous les ouvriers qui s'y trouvent. Dans les anciens accidents, au contraire, l'explosion se faisait sentir seulement dans un périmètre généralement très restreint.

Ces observations donnent lieu à une discussion à laquelle prennent part plusieurs membres. On parait généralement admettre que les reproches faits à un aérage trop vif, doivent s'appliquer surtout à une mauvaise distribution de l'air dans les travaux qui en est souvent la conséquence.

Communication de M. Boivin sur l'**Emploi des métaux pour le revêtement des creusets des hauts fourneaux.**

On s'est de tout temps attaché à employer pour la construction des creusets et des soles des matériaux très réfractaires et sans affinité avec les matières qu'ils doivent contenir. La difficulté d'assurer à ces matières une durée suffisante a fait penser à employer des creusets métalliques refroidis extérieurement, mais les joints étaient très difficiles à établir. On a essayé l'emploi de l'acier moulé et recuit qui parait donner de bons résultats. Ainsi le creuset de Firminy, qui pèse 27 *t*, fonctionne depuis le 20 novembre et a vu passer déjà 13600 *t* de matières fondues, soit en moyenne 136 *t* par jour.

Cette épreuve parait concluante ; il ne s'est produit aucune déformation. On avait constaté, par des expériences préalables, qu'en marche normale, la température interne d'un revêtement métallique arrosé, de 25 *cm* d'épaisseur, n'excède guère 150°, cette température doit donc être moindre pour les 15 *cm* seulement du creuset actuel. On voit que le revêtement est donc bien loin d'être exposé à fondre.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

LIVRAISON DU 4 JANVIER 1892

I. **Description des Machines** ayant servi sur le Weser à Brême au **Transport des matières draguées,** par M. G. de Thierry. — L'amélioration du Bas-Weser exige l'enlèvement de 55 millions de mètres cubes, dont 46 millions et demi à draguer ou à déplacer par la force du courant. Pour le transport des matières draguées vers les lieux de dépôts on s'est servi de dragues de construction hollandaise (de Thomas Figée et Cie, à Harlem, dont les chantiers sont actuellement passés entre les mains de la Société anonyme « Werf Conrad »). La première de ces dragues extrayait les matières vaseuses au moyen d'un tuyau d'aspiration et les refoulait par d'autres tuyaux à une distance de 400 *m* à raison de 160 m^3 à l'heure, ou à 500 *m* à raison de 120 m^3 à l'heure ; la hauteur d'élévation était de 4 *m* ; on dépensait au maximum 300 *kg* de charbon par heure.

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

Bien que cette première drague ait donné des résultats entièrement satisfaisants, on a, pour d'autres raisons, abandonné ce système et employé des appareils distincts pour l'aspiration et pour le refoulement des déblais. Le mètre cube extrait et transporté à 500 *m* ne coûte avec ces appareils que 0,45 *f* et le prix s'est abaissé dans certains cas à 0,25 *f*.

La note donne sur ces installations des détails intéressants et des dessins dont une partie a paru dans le *Génie civil* du 30 août 1890.

II. M. Vaes donne la suite de ses considérations mathématiques sur la **Transmission du mouvement par bielles ou manivelles.**

III. M. Pierson étudie les projets pour l'**Amélioration de l'irrigation** dans la vallée de la rivière Solo (Java). Il s'agit de l'irrigation de 223 000 baous (le baou vaut 0,7 *ha*) ; on se propose de construire un barrage fixe dans la rivière Solo à l'endroit où elle arrive à la plaine.

La quantité d'eau répandue atteindra 1 *l* par seconde et par baou. On a fait le devis des dépenses d'établissement du barrage, des canaux, etc.. et il s'élève à 10 millions de florins. Les travaux seront exécutés par l'État.

LIVRAISON DU 1er FÉVRIER 1892.

Séances des 10 et 20 novembre 1891.

I. — Communication de MM. Leemans et Van Schermbeek sur un **Voyage entrepris par eux en Chine.** Ce voyage avait pour but de réunir les renseignements nécessaires pour aviser à la réparation des ruptures des digues le long du fleuve Jaune ; il a été entrepris pour le compte de la Société néerlandaise de construction de travaux publics. C'est le recit d'un voyage des plus intéressants dans un pays à peu près inconnu, accompagné de très nombreuses observations sur les procédés de construction employé par les Chinois pour les travaux fluviaux, et de dessins et plans.

II. — Communication de M. Symons sur le septième **Congrès d'hygiène et de démographie** tenu à Londres en 1891.

III. — Communication de M. Westeronen van Meeteren sur le **Congrès des accidents du travail,** tenu à Berne en 1891.

IV. — Observations de M. de Bruyn sur **les variations dans la ligne des marées** dans la partie méridionale de la mer du Nord. Ces variations extrêmement compliquées par l'action réciproque des courants de direction et d'intensité différentes sont analysées avec beaucoup d'érudition et donnent lieu à des conclusions tout à fait nouvelles.

LIVRAISON DU 5 MARS 1892

Description du **pont de chemin de fer** sur la Meuse, à Dordrecht (1), par M. Michaelis. La construction de ce pont remonte à 1866.

(1) On trouvera quelques renseignements sommaires sur ce pont dans le compte rendu du voyage en Hollande, par M. Lippmann, décembre 1891, p. 727.

Il comprend deux ponts tournants, un grand et un petit, et quatre autres travées; la longueur totale est, entre les têtes, de 396 *m*. Les piles et culées ont coûté 765 000 florins, et la superstructure, établie par la Compagnie de Butterley, à Alderton, 690 000 florins. Les dessins annexés à cette description seront très nombreux et paraîtront dans une livraison ultérieure.

LIVRAISON DU 31 MARS 1892

Séance du 9 février 1892.

I. — Communication de M. STIELTJES sur la publication de la **nouvelle carte géologique.** — La carte géologique de M. Staring, qui était, lors de sa publication, une des meilleures existantes, ne répond plus aux besoins de notre époque. On se propose, avec l'aide du gouvernement, d'en dresser une nouvelle pour laquelle l'exécution des grands travaux publics effectués depuis 1860 a fourni beaucoup de matériaux.

II. — Analyse, par M. FUTEIN NOLTHENIUS, de l'ouvrage « Historique du **desséchement des lacs et marais** en France avant 1889 », par M. le comte de Dionne (Paris. — Champion, Guillaumin et C^ie^). Cet ouvrage met surtout en lumière la part que les ingénieurs, les entrepreneurs et les capitaux néerlandais ont eu dans les divers travaux de desséchement exécutés en France sous Henri IV et ses successeurs. L'analyse est accompagnée de dessins représentant divers travaux exécutés.

III. — Communication de M. CONRAD sur les **Congrès de travaux maritimes.**

IV. — Rapport de M. BRAEKMAN sur **la catastrophe de Mönchenstein.** — L'auteur, envoyé par le ministre des Travaux publics, a fait sur place des observations spéciales dont il rend compte.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 14. — 2 *avril* 1892.

Appareils de chargement pour navires et chemins de fer, par R. Gerdau *(suite)*.

Expériences sur le fonctionnement des appareils frigorifiques, par G. Nimax.

Nouveaux chemins de fer de montagne en Suisse, par A. Goering *(fin)*.

Question du métal fondu.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Emploi du métal fondu dans la construction *(fin).*

Groupe du Rhin inférieur. — Petites installations Bessemer.

Groupe de la Rühr. — Distribution électrique d'énergie pour les villes et les établissements industriels. — Bateau-cloche pour les travaux du Rhin.

Groupe de Wurtemberg. — Machine à essayer. — Dispositif de sûreté pour niveaux d'eau à tube de verre. — Chemin de fer électrique de Vienne à Budapest.

N° 15. — *9 avril* 1892.

Notice nécrologique sur Louis Schwartzkopff.

Résistance des ponts à poutres droites à la pression du vent et aux efforts transversaux, par G. Barkhausen.

Emploi du métal fondu dans les constructions, par A. Martens.

Ventilateurs compound, par C. Wenner.

Nouveautés dans les machines d'épuisement souterraines, par R. Terhaerst.

Métallurgie. — Matériaux réfractaires pour hauts fourneaux.

Bibliographie. — Histoire abrégée de la machine à vapeur, par R. Reuleaux. — Coup d'œil sur l'historique, la théorie et la pratique de la navigation à rames, à voiles et à vapeur, par M. Ruhlmann.

Variétés. — Navires à citerne pour pétrole. — Exploitation de l'or dans le sud de l'Oural. — Chemin de fer à navires de Chignecto. — Exposition des arts de la construction à Lemberg. — Technicum de Mittweida. — Technicum de Neustadt i. M.

Correspondance. — Ventilateurs et pompes centrifuges. — Appareils de chargement pour navires et chemins de fer. — Nouveaux chemins de fer de montagne en Suisse.

N° 16. — *16 avril 1892.*

Notice nécrologique sur Victor de Bojanowski.

Approfondissement du puits « Max » de la Société métallurgique de Prague à Kladno, par A. Riedler.

Le métal fondu, par Lechner.

Variétés. — Exposition des Ingénieurs allemands à l'Exposition de Chicago en 1893. — Tubes à épaisseur variable. — Emploi de la tôle pour les toitures dans le nord-est de la Russie.

Correspondance. — Machines à vapeur à l'Exposition internationale d'électricité de Francfort.

N° 17. — *23 avril 1892.*

Approfondissement du puits « Max » de la Société métallurgique de Prague, à Kladno, par A. Riedler *(fin)*.

Éclairage électrique des voitures de chemins de fer, par M. Buttner.

Appareils de chargement pour navires et chemins de fer, par B. Gerdau *(suite)*.

Résistance des ponts à poutres droites à la pression du vent et aux efforts transversaux, par G. Barkhausen *(fin)*.

Fabrication mécanique des briques, par C. Schlickeysen.

Groupe de Bochum. — Fabrique de poêles et de fourneaux de Kuppersbuch et fils.

Variétés. — École industrielle de Hagen-sur-Weser.

BIBLIOGRAPHIE

Chemins de fer. Notions générales et économiques, par L. Leygue (Paris, Baudry et Cie).

M. Leygue a bien voulu faire hommage à la Société de l'important ouvrage qu'il vient de faire paraître sous le titre que nous venons d'énoncer, ouvrage sur lequel il nous paraît utile d'appeler l'attention de ceux si nombreux de nos collègues qui sont intéressés de près ou de loin à la question des chemins de fer et qui pourront, à un moment donné, y trouver d'utiles renseignements.

Le livre de M. Leygue n'est point un traité des chemins de fer, c'est simplement la réunion d'un certain nombre de notions générales et économiques sur cette question, notions dont on peut avoir besoin à chaque instant et qu'on ne peut trouver qu'aux prix de recherches souvent longues et quelquefois impossibles à faire.

Nous ne saurions mieux faire connaître le contenu de ce travail consciencieux que par l'énumération rapide de ses divers chapitres.

Le livre débute par un historique succinct des chemins de fer que l'auteur définit très justement par l'expression de l'association intime de la voie ferrée et de la locomotive, association qui a seule permis la révolution économique à laquelle nous avons assisté et dont la puissance peut être mieux appréciée par les pauvres résultats qu'ont donnés d'une part les voies à rails avant l'apparition de la locomotive, de l'autre les machines routières. Le développement successif des chemins de fer est passé en revue sommairement et la distinction est posée entre les chemins de fer à voie normale et les chemins à voie étroite.

Dans un second chapitre sont décrites les formalités relatives à la réalisation d'un projet de chemin de fer ; les études, demandes en concession, opérations diverses, exécution, la police de voirie et de circulation.

Le chapitre III est consacré aux régimes divers sous lesquels ont vécu les chemins de fer depuis l'origine. Ainsi les chemins de fer d'intérêt général ont, de la création des premières lignes à l'organisation des grands réseaux, qui a été le résultat d'une nécessité unanimement reconnue, traversé une première phase, la concession aux Compagnies ou la construction de l'infrastructure par l'État avec concession à bail de l'exploitation aux Compagnies ; les conventions de 1859, en créant le régime dit du déversoir, ont modifié profondément ces conditions et créé un état de choses qui, avec quelques changements, tels que le rachat des lignes secondaires en 1876, a duré jusqu'en 1883 où les nouvelles conventions ont établi le régime actuel.

Les chemins de fer d'intérêt local ont eu d'abord pour point de départ la loi de 1865 ; ils sont actuellement sous le régime de la loi de 1880 qu'on se prépare à modifier bientôt.

Le réseau de l'État, créé en 1878, est l'objet d'une étude spéciale ;

enfin, les régimes divers sous lesquels se trouvent les chemins de fer étrangers sont passés en revue.

Le chapitre IV contient une comparaison entre les voies ferrées, les routes et les voies navigables établissant la supériorité des premières, due principalement à la difficulté d'établir avec les autres des services réguliers sans retomber dans les inconvénients du monopole tant reprochés aux chemins de fer. Les voies navigables permettent rarement les transports directs sans transbordement et sans emprunt des routes ou des chemins de fer, sauf dans des cas exceptionnels.

On peut discuter indéfiniment sur les avantages comparatifs des divers moyens de transport, mais il semble que la conclusion la plus sage est donnée par la formule si simple de M. Picard, à laquelle se rallie M. Leygue : « Ne rien négliger pour améliorer le réseau actuel de navigation et en perfectionner l'exploitation, mais se montrer très sobre et très prudent dans l'ouverture de voies nouvelles.

Le chapitre V étudie les prix de transport sur rails, prix de revient de l'ensemble, prix de revient des transports spéciaux, prix de revient sur le réseau de l'Etat. Il contient des tableaux statistiques qui en résument les indications.

Dans le chapitre VI est traitée longuement la question capitale des tarifs et de leur application : tarifs des voyageurs, tarifs des marchandises, abaissement des tarifs, ce point qui a soulevé tant de controverses. Sans émettre de conclusions trop formelles sur ce dernier, l'auteur est d'avis qu'il est bon de laisser un peu plus de liberté et d'autonomie sur cette question aux Compagnies en échange d'une plus grande responsabilité à l'endroit de leurs recettes. Elles peuvent mieux que l'Etat scruter avec attention les besoins et les ressources des pays qu'elles desservent et choisir avec intelligence les éléments de trafic qui présentent de l'élasticité et ménager des abaissements de tarifs aux marchandises dont elles peuvent espérer voir se développer la circulation. L'expérience n'a-t-elle pas indiqué que les pays où les Compagnies ont le plus de latitude pour l'exploitation sont ceux où les chemins de fer rendent le plus de services au public ?

Le chapitre VII traite des recettes d'exploitation et des divers modes d'évaluation des recettes probables des lignes à établir.

Le chapitre VIII étudie la question de voie et de traction, les éléments du tracé, les limites des rampes et des courbes suivant la nature des lignes, les longueurs virtuelles, etc., le choix des largeurs de voie, etc.

Le chapitre IX est consacré aux chemins de fer à voie étroite. On y trouve discuté le choix à faire entre les écartements de 1 *m*, de 0,75 et 0,60, les considérations à faire valoir à l'appui de ce choix, questions qui viennent d'être traitées tout récemment devant notre Société.

Le dernier chapitre, le dixième, contient des considérations économiques au sujet des avantages procurés par les chemins de fer et qui donnent en quelque sorte la mesure de leur utilité, ces avantages sont directs et indirects. L'auteur donne un coefficient d'utilité qui est établi par le quotient de la recette brute par le revenu brut. Ce coefficient ne varie pas dans des limites très étendues : il a été de 2,50 pour 1851, de 3,46 en 1883, de 3,18 en 1886, et enfin de 3,36 en 1889. L'auteur estime

que les avantages économiques réalisés par les chemins de fer se répartissent sensiblement comme suit : 75 0/0 pour le public, 17 pour les Compagnies et 8 pour l'Etat; il s'agit ici des avantages directs et indirects.

Nous pouvons rappeler que, dans sa déposition devant la Commission d'enquête des chemins de fer en 1861, Eugène Flachat exposait qu'à cette époque, les chemins de fer faisaient déjà gagner, au minimum, à la production du pays, sur les transports de marchandises et de voyageurs, une somme annuelle de plus d'un milliard. Il s'est écoulé trente et un ans depuis.

L'ouvrage se termine par de nombreuses annexes donnant les lois, décrets, ordonnances, etc., relatifs à l'établissement, l'exploitation et la police des chemins de fer, règlements d'exécution, cahiers des charges types, etc., pour chemins de fer d'intérêt local et tramways, documents qu'il est avantageux d'avoir sous la main et dont la réunion achève de donner à l'ouvrage de M. Leygue un caractère d'utilité pratique de nature à le faire justement apprécier de ceux de nos collègues qui sont intéressés dans ces questions.

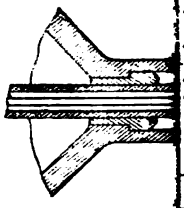
Pour la Chronique, les Comptes rendus et la Bibliographie :

A. MALLET.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGERE. — 10400-5-92.

Tige

Tige de Piston-c



8h6'
90
6.24 at:
4.4 .
11.16 m/m
6.37 .
5.51 IP
18,5° C
8930 frig
1622 »

Atm.

Fig.

4h6'
90
6.31 at:
4.7 .
11.16 m/m
6.37 .
5.51 IP
20 4° C
8980 frig:
1622 »

Atm.

N° I.

Heure
Tours par 1'
Pression Chaud
_ id. _ Cyl.
Ordonn. moy
Echelle ressort
Travail indiq:
Bain temp:
Product. par heu:
_ id _ par HP ind

5h6'
92
6.24 at:
4.7 .
9.42 m/m
6.37 .
4.37 IP
22 °C
1620 frig:
1720 »

Atm.

N° II

Heure
Tours par 1'
Pression Chaud
_ id _ Cyl:
Ordonn: moyen
Echelle ressort
Travail indiq:
Bain temp:
Product: horai:
_ id _ par HP ind:

6h6's
90
6.16 at:
5.05 .
10.14 m/m
6.37 .
5.00 IP
23.5°C
1060 frig:
1410

Atm.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MAI 1892

N° 5

Sommaire des séances du mois de mai 1892 :

1° *Décès* de MM. M. Bailly, L. Marsillon, P. Simons, C.-D. de Leharpe, F.-M.-A. Coulanghon et A.-B. Bukaty. (Séances des 6 et 20 mai), pages 577 et 600 ;

2° *Décorations* de M. M.-L. Cholet (Séance du 6 mai), page 578 ;

3° *Ordres du jour des séances* (Modifications aux). Séance du 20 mai), page 603 ;

4° *Ouvrages reçus* (Présentation de divers). Séance du 20 mai), page 600 ;

5° *Bassin houiller du Donetz* (Voyage au), par M. A. Brüll. (Séance du 6 mai), page 578 ;

6° *Budget comparé des Cent Monographies de famille* (Analyse de M. E. Polonceau d'un ouvrage de M. Cheysson sur le). Séance du 20 mai), page 600.

7° *Métropolitain* (Discussion sur les projets de), par MM. P. Haag, P. Villain, Vauthier. (Séances des 6 et 20 mai), pages 579 et 604.

Pendant le mois de mai 1892, la Société a reçu :

32753 — De l'Iron and Steel Institute. *The Journal of the Iron and Steel Institute*, n° 2, 1891. London, 1891.

32754 — De M. N.-A. Dujour (M. de la S.). *Calculs de résistance des ponts métalliqués*, par J. Michel et Gascougnolle (in-4° de 17 p. et 17 planches). Paris, Dunod, 1892.

32755 à 32760 — De M. H. Hervegh (M. de la S.). *Internationale elektrotechnische Ausstellung in Frankfurt a/Main, 1891*, 6 photographies format album.

32761 — De M. A. Picard. *Rapports du Jury international sur l'Exposition universelle de 1889, Groupe VI. Outillage et procédés des industries mécaniques (7e partie), classes 65 et 66*. Paris, Imprimerie Nationale, 1891.

32762 — De M. L. Courtier (M. de la S.). *Album des chemins de fer et des travaux publics. Table des planches* (petit in-4° de 21 p.). Paris, L. Courtier, 1892.

32763 — De M. P. Mahler (M. de la S.). *Obus calorimétrique pour l'estimation de la valeur des combustibles solides, liquides et gazeux (Pouvoir calorifique des combustibles; détermination par l'appareil de M. P. Mahler)* (petit in-8° de 20 p.). Paris, P. Pichon, 1892.

32764 — De M. Poirrier (M. de la S.). *Discussion du projet de loi portant annotation d'arrangements signés entre divers États de l'Union internationale pour la protection de la propriété industrielle* (in-12 de 28 p.). Paris, Imprimerie des journaux officiels, 1892.

32765 — De M. Pérignon (M. de la S.). *Rapport du Jury international sur l'Exposition universelle de 1889, Classe 65, Matériel de navigation et de sauvetage*. Rapport de M. Pérignon (grand in-8° de 166 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1892.

32766 — De M. G. Loustau (M. de la S.). *España. Geografia morfológica y etiologica*, por Don Federico de Botella y de Hornos (grand in-8° de 129 p. et 3 pl.). Madrid, Fortanet, 1886.

32767 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Analyse des vins*, par D. Magnier de la Source (petit in-8° de 196 p.).

32768 — Des mêmes. *Tiroirs et distributions de vapeur*, par Madamet (petit in-8° de 149 p.). Paris, Gauthier-Villars fils et Masson, 1892.

32769 — De M. Sans y Garcia (M. de la S.). *Accidentes en los ferro-carriles y medios de prevenirlos* (grand in-8° de 136 p.). Barcelona, Pedro Ortega, 1892.

32770 — De M. J. Barois. *Note sur une mission dans le Sahara algérien* (in-8° de 7 p.). Le Caire, Imprimerie nationale, 1892.

32771 — De M. J.-J. Boguskiego. *Wstep de Elektrotechniki. Czese I* (in-8° de 95 p. et 6 pl.). Warzawa, 1892.

32772 à 32774 — *Les moteurs hydrauliques actuels*, par J. Buchetti (petit in-4° de 175 p. et de 107 p. avec atlas in-folio de 40 pl.) Paris, chez l'auteur, 1892.

32775 — De M. James Forrest. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineering*, vol. CVII, part I, 1891-1892, London.

32776 — De M. le Colonel R. Henry. *Etablissement rapide d'un pont mobilisable en acier sur le Var* (370 *m*), par Clergerie et Calmel (in-8° de 48 p. avec 1 p.). Paris-Nancy, Berger-Levrault, 1892.

32777 — Du même. *Application des débarcadères mobilisables au Dahomey, Système Henry*, 1891-1892 (une feuille in-8°).

32778 — De M. Fritz-Krauss. *Ueber Wasserröhrenkenel* (une feuille in-4° de 4 p.). Wien, 1892.

32779 — De M. H. Fontaine (M. de la S.). *Électrolyse* (grand in-8° de 431 p. et 48 gravures dans le texte). Paris, Baudry et C^ie^, 1892.

32780 — De M. Alfred Picard. *Rapport du jury international sur l'Exposition universelle de 1889. Groupe VI. Outillage et procédés des industries mécaniques. Électricité (5^e^ partie). Classes 60 à 63.* Paris, Imprimerie nationale, 1892.

32781 et 32782 — De M. A. de Ibaretta (M. de la S.). *Estabilidad de las Construcciones de Mamposteria*, par E. Bois (in-8° de 649 p. avec atlas de 30 pl.). Madrid, Gregorio Juste, 1892 (2^e^ éd.).

32783 — De M. A. Borodine. *Album contenant les dessins du wagon-type à marchandises des chemins de fer du Sud-Ouest (Russie). Édition de 1888* (grand in-folio de 15 p. avec 26 pl.).

32784 — Du même. *Album contenant tous les détails du wagon-type à marchandises adopté pour tous les chemins de fer russes. Édition de 1891* (grand in-folio de 5 p. avec 17 pl.).

32785 — De M. Bernard-Tignol, éditeur. *Dictionnaire de chimie industrielle*, par M. Villon (fascicule I, spécimen). Paris, Bernard Tignol, 1892.

32786 — De la Compagnie du chemin de fer du Nord. *Rapport présenté par le Conseil d'administration à l'assemblée générale du 30 avril 1892*, Paris, L. Danel.

32787 — Du Syndicat des Ingénieurs-Conseils en matière de propriété industrielle. *Pétition adressée au Sénat et à la Chambre des députés en faveur de la revision de la législation qui régit en France les différentes branches de la propriété industrielle* (petit in-4° de 18 p.). Paris, A. Chaix, 1892.

32788 — De M. Ch. Vattier (M. de la S.). *L'Avenir de la Métallurgie du fer au Chili* (Rapports avec planches et 4 suppléments), grand in-8°. Paris, A. Roger et F. Bernoviz, 1890-1891-1892.

MÉMOIRES ET MANUSCRITS

2173 — De M. E. Cacheux (M. de la S.). *Du rôle de l'Ingénieur dans la question de sauvetage.*

2174 — De M. A. Brüll (M. de la S.). *Voyage au bassin houiller du Donetz.*

2175 — De M. G. Leloutre (M. de la S.). *Recherches expérimentales et analytiques sur les Machines à vapeur. — Théorie générale de la Machine à vapeur ; Théorie de l'Enveloppe et de la Machine à vapeur surchauffée.*

2176 — De M. A Mallet (M. de la S.). *Plan incliné pour transbordement de bateaux, à Beauval près Meaux.*

2177 — M. M. Delmas (M. de la S.). *L'outillage du commerce des céréales. Manutention, magasinage, tarifs, etc.*

Les membres nouvellement admis pendant le mois de mai sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

C. Cavallier, présenté par MM. P. Buquet, A. Lencauchez et X. Rogé.
A. F. Clerc, — A. Cheuret, L.-A. Cholet et F. Sauvaget.
A.-J. Dague, — L.-H.-M. Brossard, H.-L. Freulon et Hallopeau.
J.-I. Faget, — P. Buquet, J.-A.-M. Chambrelent et A. Dumont.
L. Gallas, — F. Auderut, A. Brisse et D.-V. Piccoli.
E. L. Matter, — J. de Coëne, J.-E. Jantot et A. Gottschalk.
V.-L. Nativelle, — E. Bourdon, C. Bourdon et J. Durupt.
J.-A. Schoen, — A.-P. Charbonnier, G.-H. Love et A. Rubin.
Ch. Vattier, — P. Jousselin, P.-F. Rouget et N. Sergueeff.

Et comme membre associé :

M. J. Massalski, présenté par MM. de Nansouty, P. Abadie et A. Dumont.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1892

Séance du 6 mai 1892.

PRÉSIDENCE DE M. EMILE LEVEL, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part à la Société du décès de plusieurs de nos collègues :

M. M. Bailly, membre de la Société depuis 1890, ancien élève de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, a été attaché à la Société de construction des Batignolles, puis Ingénieur représentant des établissements Cail, à Calais, pour la construction des travaux métalliques du nouveau port; a été Ingénieur en chef de la construction du chemin de fer de Marosludas-Besztercze (Hongrie); était en dernier lieu Ingénieur attaché à la Banque des Travaux du Brésil, à Rio-de-Janeiro; décédé à son poste, de la fièvre jaune, le 29 février 1892.

M. L. Marsillon, membre de la Société depuis 1873, chevalier de la Légion d'honneur, a été Ingénieur des études du chemin de fer de Saint-Dizier à Gray, puis Ingénieur en chef de la construction du chemin de fer Hainaut-Flandre; était en dernier lieu administrateur de la Compagnie générale des Omnibus. Tous ceux qui se sont occupés de chemins de fer et de tramways connaissent ses travaux et le système de rail qui porte son nom.

Notre collègue, M. Coffinet, a prononcé sur sa tombe, au nom de la Société des Ingénieurs Civils et de l'Association amicale des Anciens Elèves de l'École Centrale, un discours ému qui sera inséré au Bulletin

M. P. Simons, membre de la Société depuis 1857, ancien élève de l'École Centrale des Arts et Manufactures (1857), a été Ingénieur chez M. Boch, fabricant de céramiques, puis fabricant de carrelages-mosaïques, au Cateau (Nord); chevalier de la Légion d'honneur. Il fut le premier qui appliqua à cette industrie les fours à flamme renversée, la presse à cassette, les pots de verreries et les creusets à zinc. Il avait créé

une nouvelle mosaïque en grès cérame, remarquable par ses effets décoratifs et par sa solidité.

M. de Laharpe, membre de la Société depuis 1888, ancien élève de l'École Centrale des Arts et Manufactures (1866), a été professeur de construction de machines à la Société Philomatique de Bordeaux, puis associé de la maison Fouché et de Laharpe, constructeurs d'appareils à vapeur; Ingénieur civil, auteur des *Notes et Formules de l'Ingénieur* (1887).

M. Coulanghon, membre de la Société depuis 1875, ancien élève de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures (1869), a été dessinateur au Chemin de fer du Nord, officier de génie auxiliaire (armée des Vosges) pendant la guerre de 1870, puis Ingénieur chef de service à la Compagnie des Tramways du Nord, chargé de la construction du réseau de Lille; était en dernier lieu Ingénieur associé de la maison Olry, Granddemange et Coulanghon.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que notre collègue, M. L. Cholet, directeur de la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest-Algérien, a été nommé chevalier de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

L'ordre du jour appelle la communication de M. A. Brüll sur son *Voyage au bassin houiller du Donetz.*

M. A. BRÜLL expose qu'ayant eu occasion de visiter, au printemps dernier, des mines de charbon dans le midi de la Russie, il a pensé que quelques explications sur ce bassin houiller, qui attire puissamment l'attention du monde industriel, seraient de nature à intéresser la Société.

M. Brüll présente des cartes géographiques, des cartes géologiques et des échantillons de charbon et de coke. Sa communication se divise en cinq parties :

1° Situation géographique; 2° Indications géologiques; 3° Historique; 4° Exploitation; 5° Débouchés.

En terminant, M. Brüll indique quelles améliorations il y aurait lieu, suivant lui, d'apporter dans l'organisation des mines et dans leur exploitation pour assurer au bassin du Donetz toute la prospérité dont il est susceptible.

(Ce mémoire sera inséré au Bulletin.)

M. LE PRÉSIDENT remercie M. A. Brüll de son travail et du beau voyage d'études techniques, économiques et commerciales qu'il vient de faire faire à ses collègues dans la Russie méridionale.

L'ordre du jour appelle la discussion de la communication de MM. Ch. Bourdon et L. Chapron sur un *Projet de chemin de fer transversal de pénétration et de jonction dans Paris.*

M. P. Haag a la parole, et s'exprime ainsi :

C'est à propos du projet présenté par M. Bourdon que cette discussion s'est ouverte ; je commencerai donc par quelques observations relatives à ce projet.

Le tracé de MM. Bourdon et Chapron jonctionne les gares du Nord et de l'Est avec celles de Vincennes, de Lyon et d'Orléans, au moyen d'une ligne qui emprunte le boulevard Richard-Lenoir et le canal Saint-Martin sur la plus grande partie de sa longueur.

Cette ligne fait partie du projet d'ensemble que j'ai étudié et y figure comme l'un des éléments principaux du réseau secondaire. Je suis donc en mesure de vous fournir quelques-uns des renseignements qui ont été demandés à M. Bourdon au cours de la séance du 4 mars dernier, notamment sur le coût de son projet.

Mais je dois avant tout signaler les quelques points sur lesquels mon étude diffère de la sienne.

Du côté de la gare du Nord, pour éviter de trop fortes déclivités et un raccordement souterrain avec l'Est, que je considère comme extrêmement défectueux, ma ligne n'entre en tunnel qu'à la rue d'Alsace, après avoir franchi les voies de la Compagnie de l'Est par un passage supérieur.

Du côté de la gare d'Orléans, mon tracé, après avoir suivi la direction de la rue de Lyon et traversé la Seine comme celui de MM. Bourdon et Chapron au quai de la Rapée, longe le quai d'Austerlitz parallèlement à la gare d'Orléans, mais sans y pénétrer, et franchit une seconde fois le fleuve en face du quai Henri IV pour se souder finalement à la grande transversale qui constitue *l'artère centrale* de mon projet. J'évite ainsi l'encombrement de la gare d'Orléans par un viaduc intérieur, la démolition des bâtiments de l'administration établis sur la place Walhubert, enfin la superposition, au pont d'Austerlitz, d'un viaduc métallique oblique, solution qui, au point de vue de l'aspect, me semble bien difficile à faire accepter.

Dans les conditions que je viens de rappeler, voici quelles sont mes prévisions de dépense :

1° De la gare du Nord à la gare de Vincennes.

Expropriations.	10 000 000 *f*
Viaduc métallique à 2 voies sur 3 000 *m* environ. . . .	9 000 000
Viaduc en maçonnerie à 2 voies sur 400 *m*	1 000 000
Tranchée couverte sur 1 *k*.	3 500 000
Stations.	1 500 000
Voies et accessoires.	410 000
	25 410 000 *f*

2° De la gare de Vincennes au quai des Célestins.

Expropriations.	5 000 000 *f*
Viaduc métallique à 2 voies sur 500 *m* environ	1 500 000
Viaduc en maçonnerie à 2 voies sur 1 700 *m*	4 250 000
A reporter. . .	10 750 000 *f*

Report . . .	10 750 000 *f*
Pont sur Seine au quai de la Rapée	1 080 000
Pont sur Seine au quai Henri IV, avec passage de piétons et de voitures	1 700 000
Stations.	1 375 000
Voies et accessoires	300 000
	15 205 000 *f*

Soit pour l'ensemble 40 615 000 *f* (1), où, en nombre ronds, 41 millions.

Avec les modifications introduites par MM. Bourdon et Chapron et qui sont plutôt de nature à augmenter la dépense, avec l'introduction de la quadruple et même de la sextuple voie sur une grande partie du tracé, avec l'ampleur à donner aux stations pour approprier la ligne au grand trafic et au rôle important auquel les auteurs du nouveau projet la destinent, je pense que le chiffre précédent devrait être porté à près de 60 millions.

Maintenant, si vous voulez me permettre de vous donner en quelques mots mon appréciation sur cette ligne, j'estime que, fort intéressante comme branche secondaire du Métropolitain Parisien, elle ne saurait nullement jouer le rôle de grande artère qui lui est attribué par MM. Bourdon et Chapron.

Elle présente à cet égard deux défauts rédhibitoires ;

D'abord, elle ne dessert pas la gare Saint-Lazare ;

Ensuite, elle ne passe pas dans le vrai centre de Paris.

La gare Saint-Lazare représente un mouvement annuel de plus de 30 millions de voyageurs, c'est-à-dire qu'à elle seule elle fournit près de la moitié de ce que donnent toutes les gares parisiennes réunies ; de plus, ses voyageurs sont principalement des voyageurs urbains, suburbains ou de banlieue, et c'est là, nous le verrons plus loin, la vraie clientèle d'un Métropolitain. L'abandon de la gare Saint-Lazare est donc un défaut capital, défaut que M. Boudenoot avait déjà signalé dès le début de la discussion.

Le second défaut est plus grave encore. Depuis longtemps déjà l'idée de la jonction des gares a été associée à celle du Métropolitain. Et à juste titre, je m'empresse de l'ajouter. Moi-même j'ai constamment soutenu cette formule et j'en ai fait la base fondamentale de mon projet. Mais pour ne pas tomber dans de fâcheuses erreurs, il est essentiel de rétablir la formule en question sous sa forme intégrale, que voici : *jonctionner les gares entre elles et au centre de Paris.*

S'il ne s'agissait que de jonctionner les gares entre elles, cette jonction pourrait se faire au besoin par la Petite ou la Grande Ceinture. Il est peu important, relativement, de faire traverser Paris au trafic de pur transit. Pourvu qu'on le conduise d'une gare à l'autre assez commodément, assez rapidement, c'est l'essentiel. Assurément, pour aller de la gare du Nord à la gare d'Orléans par exemple, les grands express auraient un chemin plus

(1) Les chiffres d'expropriation ont été largement calculés, comme il convient de le faire toutes les fois qu'il s'agit d'une opération restreinte où l'on n'a affaire qu'à un seul jury et où, par conséquent, les aléas sont plus à redouter.

direct et plus facile par le Canal que par la Ceinture; mais c'est là un résultat qui, pris isolément, serait assez mince et hors de proportion avec la dépense nécessitée. Pour obtenir ce résultat, pour l'obtenir dans des conditions vraiment acceptables et économiques, il faut l'associer au service métropolitain proprement dit, à ce grand mouvement de circulation, qui se développe naturellement entre le centre et la périphérie et dont les ressources pour ainsi dire inépuisables sont seules capables, à notre avis, d'alimenter une entreprise du genre de celle qui nous occupe.

Or ce mouvement métropolitain, seul vraiment rémunérateur, comme l'exemple des autres capitales nous le prouvera encore tout à l'heure, ce mouvement qui est pour la grande ville ce que le mouvement du sang est pour le corps humain, l'aurez-vous sur la ligne du Canal? Assurément non. Prenez les voyageurs débarqués à la gare du Nord, à celle de Vincennes, à celle d'Orléans par exemple : sur dix d'entre eux, y en a-t-il un seul qui se dirige vers le canal Saint-Martin? Non, la grande majorité ira vers les quartiers vraiment centraux, vers l'Hôtel de Ville, le Palais-Royal, les Halles, la Bourse, les grands Boulevards.

Voilà surtout et avant tout la condamnation de la ligne du Canal comme artère principale. Certes, elle a l'avantage d'être relativement économique. Mais, si vous voulez me permettre une locution familière, on en aurait pour son argent, et peut-être même n'en aurait-on pas pour son argent, car je n'estime guère à plus de 15 millions le mouvement de voyageurs auquel elle pourrait prétendre et, défalcation faite des frais d'exploitation, cela ne représenterait guère plus de 1 million 1/2 de produit net, recette assez maigre eu égard au capital dépensé.

En formulant ici ces quelques critiques, je n'ai nullement l'intention d'infirmer le mérite des études de MM. Bourdon et Chapron. Je rends au contraire pleinement justice à l'effort tenté par ces ingénieurs. Abordant pour la première fois le problème si complexe du Métropolitain, ils ont été très naturellement séduits par l'idée de simplifier ce problème en en divisant les termes, en traitant à part la question de la jonction des gares et réservant celle de la circulation urbaine proprement dite. Mais je ne doute pas qu'une étude plus approfondie ne leur fasse reconnaître qu'ils se sont éloignés de la vérité en cherchant à dissocier des éléments qui, concentrés au contraire sur une solution unique, peuvent seulement ainsi en justifier les dépenses et en assurer largement le succès.

J'aborderai actuellement, si vous le voulez bien, la question du Métropolitain sous une forme plus générale.

Je n'ai pas l'intention de vous exposer à nouveau un projet que la plupart de vous connaissent déjà et dont je ne recommencerai pas la description détaillée. Vous l'avez écoutée lors de vos premières discussions avec une attention bienveillante dont je vous suis resté profondément reconnaissant, et les marques de sympathie que vous avez bien voulu me donner à plusieurs reprises ont été pour moi un précieux encouragement dans la campagne que j'ai entreprise et que depuis plus de dix ans je n'ai cessé de poursuivre. D'ailleurs, si quelques-uns des membres de votre Société désiraient être mis complètement au courant

de ce projet qui a pu se compléter depuis lors, mais qui ne s'est pas modifié dans ses parties essentielles, je me mets à leur entière disposition pour leur faire visiter mes bureaux d'études et leur donner, en présence des grands plans, des modèles en relief et de tous les documents qu'il m'eût été impossible de transporter ici, des explications qui emprunteront au milieu dans lequel elles leur seront fournies, une clarté bien plus complète. Je me bornerai à vous rappeler ici très succinctement les principes fondamentaux sur lesquels mon projet repose.

1° Distinction des lignes à établir en deux réseaux :

Réseau principal d'intérêt général, d'intérêt national, si je puis dire, formé par de véritables lignes de chemin de fer ;

Réseau secondaire ou *municipal* servant de *rabatteur* au premier réseau et pouvant admettre toutes les solutions intermédiaires entre le chemin de fer proprement dit et le tramway.

2° Constitution du réseau principal au moyen d'une *transversale unique* jonctionnant toutes les grandes gares entre elles et avec le centre de Paris, et fournissant à la Ceinture le diamètre qui lui manque.

4° Association de cette transversale avec une *grande opération de voirie* à travers le centre de Paris.

Et la conclusion de mes études était que :

Le chemin de fer ainsi compris devait, par ses recettes, non seulement couvrir ses frais d'installation propre, mais payer encore à la Ville de Paris une opération de voirie de première utilité, qui, effectuée isolément, lui coûterait plus de deux cents millions.

Ce résultat capital auquel j'attachais la plus grande importance, car il montrait ce qu'on était en droit de demander à une solution rationnelle de la question du Métropolitain, ce résultat reposait sur l'équilibre de quelques chiffres que je crois encore indispensable de reproduire ici :

Dépenses

Expropriations		315 000 000 *f*
Travaux		100 000 000
TOTAL . .		415 000 000 *f*

Recettes

Voyageurs urbains, 90 millions à 0,20 *f* en moyenne	18 000 000	
Frais d'exploitation à 33 0/0.	6 000 000	
	12 000 000	12 000 000 *f*
Transit des grandes lignes ; service des Halles.		2 000 000
Location des boutiques sous le viaduc (32 000 m^2) . . .		2 000 000
Produits accessoires, affichage, services municipaux. .		400 000
TOTAL		16 400 000 *f*

Soit 4 0/0 de la dépense

Je ne reviendrai pas sur les justifications de ces chiffres, que j'avais fournies dans mes communications précédentes, me réservant de donner toutes les explications désirables à ceux qui voudront bien me les de-

mander. L'évaluation des expropriations, notamment, qui a une importance si considérable, a été faite maison par maison par mon collaborateur, M. Bellem, et je craindrais d'infirmer la valeur de ce remarquable travail en l'exposant ici d'une manière forcément écourtée, qui ne permettrait pas d'en apprécier toute la minutieuse exactitude et de constater l'indiscutable certitude de ses conclusions.

Tels sont, rappelés en deux mots, les résultats auxquels j'étais arrivé en 1887 et qui avaient fait l'objet de mes dernières communications à la Société des Ingénieurs civils.

Depuis lors, la question du Métropolitain a été agitée à plusieurs reprises. Des projets ont surgi, mais sans aboutir ; des discussions ont eu lieu, mais sans conclure. En somme, la question n'a pas fait un pas. On a piétiné sur place.

Sans trop m'émouvoir de ces tentatives qui me paraissaient d'avance condamnées à l'avortement parce qu'elles ne reposaient pas en général sur un examen raisonné de la question, j'ai continué résolument mes études. L'observation attentive du développement de la circulation dans les grandes villes, la constatation des résultats obtenus pour des problèmes similaires dans les autres capitales, me paraissaient seuls pouvoir fournir les éléments sérieux et la base expérimentale indiscutable de la solution vraie à intervenir.

A une époque où les romanciers eux-mêmes abandonnent la fantaisie pour la recherche du *document humain*, il m'a semblé que le *document métropolitain* ne devait pas être négligé par les Ingénieurs, et le but principal de cette communication est de vous présenter ici quelques-uns des nombreux documents de ce genre que j'ai recueillis pendant ces dernières années, en cherchant à dégager de leur ensemble les enseignements qu'ils renferment et en vous priant d'excuser d'avance l'inévitable aridité des chiffres.

Paris. — A Paris, d'abord, il s'est produit pendant ces quatre dernières années un phénomène remarquable que les statistiques antérieures permettaient de prévoir dans une certaine mesure, mais auquel l'événement est venu donner une bien frappante confirmation.

L'activité de la circulation exceptionnellement développée au moment de l'Exposition de 1889, après s'être légèrement ralentie pendant l'année suivante, a repris bientôt sa marche ascendante, et au bout de deux années l'avance acquise se trouve déjà presque regagnée, *consolidée* en quelque sorte. Le tableau suivant fait bien ressortir ce résultat :

	1888	1889	1890	1891
Compagnie des Omnibus	192 217 257	214 296 940	198 228 364	203 369 205
Tramways Sud et Nord.	50 014 191	55 417 524	50 862 357	48 710 223
TOTAL pour les Omnibus et Tramways	242 231 448	270 714 464	249 090 721	252 079 428
Bateaux	15,064 000	32 885 104	23 591 967	23 957 296 (*)
Ceinture R. D. et R. G.	13 966 737	19 543 417	17 297 398	19 791 590
Ligne d'Auteuil. . . .	13 847 065	17 852 826	15 867 845	18 183 278
Ligne de Vincennes. .	13 154 788	14 122 769	14 398 446	17 769 375
TOTAL pour chemins de fer urbains et suburbains . . . . . :	40 968 590	51 519 012	47 563 689	52 744 243
TOTAL GÉNÉRAL (**).	298 264 038	355 118 580	320 246 377	328 780 967

(*) Interruption du service d'un mois pendant l'exercice 1891.

(**) A ces chiffres, il conviendrait d'ajouter encore ceux de quelques services spéciaux, tels que omnibus des gares, funiculaire de Belleville, trains-tramways de la Compagnie du Nord, etc.

On observera d'abord que l'influence de l'Exposition s'est manifestée principalement sur les bateaux et sur les lignes de Ceinture et d'Auteuil. Moins sensible relativement pour les omnibus et les tramways dont le réseau, étendu sur tout Paris, ne desservait l'Exposition que par quelques-unes de ses lignes, cette influence disparait presque totalement sur la ligne de Vincennes, qui, située dans la région tout opposée, a pu même souffrir dans une certaine mesure de l'orientation momentanée de la circulation vers le Champ de Mars.

Une seconde constatation porte sur les accroissements constatés après l'Exposition, pendant les exercices de 1890 et 1891. A ce point de vue, ce sont les bateaux-omnibus qui occupent la toute première place. L'augmentation de leur trafic pendant l'Exposition avait été énorme, de près de 120 0/0. La moitié environ de cet accroissement s'est maintenue en 1890, et, en 1891, la marche croissante reprend, car si l'on observe qu'il y a eu pendant ce dernier exercice une interruption de service d'un mois entier dû aux intempéries, le chiffre de 23 957 000 voyageurs porté au tableau doit être remplacé approximativement par 26 millions, ce qui représente une progression de 78 0/0 en trois années, c'est-à-dire d'environ 26 0/0 par an. Ajoutons que ce résultat a pu être obtenu sans augmentation sensible dans le mouvement de l'exploitation, c'est-à-dire sans accroissement dans les dépenses. La Compagnie des bateaux-omnibus est certainement, de toutes les entreprises de transport en commun existant actuellement à Paris, celle dont l'exploitation est la mieux comprise et la plus satisfaisante au point de vue du public. La

modicité du prix du transport, qui a atteint, on peut le dire, l'extrême limite du bon marché, n'a pas nui à la prospérité financière de la Société. Cette modicité de prix, jointe à la fréquence des départs, à l'assurance où l'on est d'avoir toujours de la place, a amené aux bateaux une clientèle de plus en plus nombreuse. Malheureusement, leur exploitation se trouve limitée à une ligne unique, traversant plutôt des quartiers de promenade que des quartiers d'affaires, et leur service, restreint à un nombre d'heures relativement faible (de 6 heures du matin à 7 heures et demie du soir en moyenne), est trop fréquemment interrompu par les crues de la rivière, les brouillards et les glaces.

En second lieu viennent : la Ceinture, qui doit former à mon avis la véritable base du futur Métropolitain, et les lignes d'Auteuil et de Vincennes, qui en sont les amorces indiquées. Sur ces diverses lignes la progression a été constante. De 1888 à 1891, on constate :

Sur la *Ceinture* une augm. dans le nombre voyag. de	5 800 000	soit 45 0/0
— *ligne d'Auteuil*.	4 350 000	32 0/0
— *ligne de Vincennes*	1 620 000	13 0/0

C'est-à-dire en moyenne par année :

Ceinture	15 0/0
Auteuil.	10 1/2 0/0
Vincennes.	4 1/2 0/0

L'accroissement de circulation sur les lignes d'Auteuil et de Ceinture s'est trouvé plus particulièrement favorisé par deux circonstances spéciales :

1° L'augmentation du nombre des trains ;

2° L'abaissement des tarifs.

L'augmentation du nombre des trains a été considérable. De 173, chiffre moyen journalier sur la ligne d'Auteuil et de Ceinture en 1887, on a passé à 300. Sur la Ceinture en particulier, depuis la suppression des passages à niveau, le service de quart d'heure a été substitué au service de demi-heure.

L'abaissement des tarifs a résulté de l'application du tarif par zones, système que je n'ai cessé de préconiser, et que je crois seul applicable, à l'exclusion de tout tarif kilométrique, sur une ligne métropolitaine. Seulement, les bases que j'ai proposées pour l'adoption de ce système consistaient dans l'adoption de la taxe de 0,10 *f* en seconde classe et de 0,15 *f* en première pour trois intervalles de stations, soit 0,10 *f*, 0,20 *f* et 0,30 *f* en seconde ; 0,15 *f*, 0,30 *f* et 0,45 *f* en première, pour des parcours de trois, six et neuf stations. Le tarif adopté sur la Ceinture et la ligne d'Auteuil s'écarte sensiblement de ces bases, et sauf quelques dérogations particulières, il est de 0,20 *f* en seconde et de 0,40 *f* en première pour deux intervalles de stations, de 0,30 *f* en seconde et 0,60 *f* en première pour tout le reste du réseau.

On peut reprocher à cette tarification d'être trop élevée pour les premières classes, que l'on voit circuler presque toujours à vide, au détriment même des recettes de la Compagnie. On peut trouver aussi que l'intervalle de deux stations adopté pour la première zone est trop faible,

et qu'il n'en résulte pas une gradation suffisante entre les petits parcours, les parcours moyens et les grands trajets. En somme, le nouveau tarif n'est avantageux et économique que pour ces derniers, mais il n'en constitue pas moins une amélioration sensible sur les prix antérieurs, et son principe surtout nous semble excellent.

Quant aux omnibus et aux tramways, je ne veux pas ici faire leur procès, ce qui m'entraînerait beaucoup trop loin, et je n'ignore pas, d'ailleurs, les difficultés avec lesquelles ces Compagnies ont à lutter. Cependant, il y aurait bien des critiques à leur adresser, et la Compagnie des Omnibus en particulier peut bien s'accuser elle-même dans une certaine mesure de la faible augmentation de son trafic. Cette augmentation n'a été, de 1888 à 1891, que de 11 millions de voyageurs sur 192, soit de 5,8 0/0 en trois années, ou, en moyenne, de moins de 2 0/0.

Avant de quitter Paris, permettez-moi de vous signaler encore les progrès constants que présentent au point de vue du rendement les boutiques installées sous le viaduc de Vincennes. Vous connaissez, Messieurs, l'installation si défectueuse de ces boutiques, sous des arcades où rien n'avait été primitivement prévu pour leur établissement. Néanmoins, d'après des renseignements que M. Martin, l'ancien président de votre Société, a eu l'obligeance de me fournir, le produit annuel de ces locations s'élève déjà à la somme respectable de 104 400 *f*, et sur la rue de Lyon, où les conditions générales d'aménagement des locaux sont un peu moins défavorables, le prix par mètre superficiel atteint actuellement 21,35 *f*.

Enfin deux accidents survenus sur la Ceinture, et qui n'ont pas eu, fort heureusement, de conséquences graves pour les personnes, fournissent un élément de comparaison intéressant entre le système souterrain et le système aérien au point de vue métropolitain.

En 1886, un éboulement se produisit dans le tunnel de Montrouge et la circulation se trouva arrêtée pendant huit mois (août 86 à avril 87).

Le 25 février de l'année dernière, une déchirure se manifesta dans la poutre centrale du pont sur le canal de l'Ourcq : la circulation dut être immédiatement interrompue ; elle put être rétablie le 14 mars suivant, c'est-à-dire après 18 jours seulement d'interruption.

La comparaison de ces deux résultats fait ressortir d'un façon assez frappante les avantages du système aérien au point de vue spécial des réparations accidentelles. On imagine facilement le préjudice que causerait au public et l'effet désastreux qu'aurait sur les recettes, une interruption de huit mois sur une ligne métropolitaine fortement chargée.

Londres. — Londres a une population de 4 750 000 habitants, double environ de celle de Paris, pour une superficie de 30 500 *ha*, plus que quadruple de la nôtre.

En dehors des nombreuses lignes de pénétration qui sillonnent cette immense surface et y remplissent dans une certaine mesure le rôle de chemins de fer urbains, il existe, vous le savez, une ligne annulaire que les Anglais désignent sous le nom d'*Underground*, et à laquelle nous donnons plus spécialement le nom de Métropolitain. Cette ligne, de forme elliptique et dont l'exploitation est faite par deux Compagnies : le *Metro-*

politan, branche Nord de l'ellipse, et le *District*, branche Sud, est établie généralement sous les pâtés de maisons qu'elle traverse, exceptionnellement sous les rues qu'elle suit. Elle se compose d'une succession de souterrains, coupée par des tranchées à ciel ouvert.

Les principaux inconvénients de ce système consistent dans ses soudures défectueuses avec les grandes lignes et dans le désagrément de la locomotion souterraine, compliquée par le défaut d'aération, la malpropreté des gares et l'exiguïté des dégagements.

Son excuse est dans l'époque de sa création, qui remonte à une trentaine d'années, et dans les difficultés qu'il y avait à souder entre elles d'une façon satisfaisante les lignes terriblement enchevêtrées qui pénètrent dans Londres et constituent un réseau urbain et suburbain d'une incohérence complète.

Pour remédier à ces inconvénients, les Compagnies du Métropolitan et du District ont créé, sous le nom d'*Extension*, des ramifications de plus en plus nombreuses vers les régions suburbaines, afin de suppléer tant bien que mal, en se créant ainsi un service de banlieue propre, aux liaisons défectueuses avec les lignes de banlieue existantes. Elles ont dépensé des sommes énormes pour l'aération et la ventilation des parties souterraines.

Malgré tous ces efforts, le Métropolitain de Londres ne parvient pas à lutter avec avantage contre les omnibus et les tramways dont les lignes se sont multipliées et dont les services se sont considérablement améliorés depuis la création de l'Underground. Et, chose bien remarquable, ce sont les sociétés du Métropolitain qui, sentant sur certains points la concurrence impossible avec les omnibus, se sont chargées de l'organiser elles-mêmes, voulant au moins en récolter le bénéfice.

C'est ainsi que six lignes d'omnibus appartenant au Metropolitan et au District, font le service entre les gares de Cannon-Street, Charing-Cross, Blackfriars et Victoria d'une part, et d'autre part celles de Bishopsgate-Street, Moorgate-Street, Portland-Road et Baker-Street.

Ces omnibus effectuent les trajets en question pour des prix de un et deux pennys, c'est-à-dire pour le quart environ de ce que coûterait le même trajet effectué par le Métropolitain, et évitent aux voyageurs tous les désagréments de la fumée et de l'obscurité des tunnels.

Dans ces conditions il n'est pas surprenant que le mouvement des voyageurs augmente peu sur l'Underground. Le tableau suivant permet de constater ces faibles accroissements pendant les dernières années :

	1886	1887	1888	1889	1890	1891
Metropolitan .	80 500 000	77 500 000	80 300 000	82 800 000	84 300 000	87 700 000
District . . .	43 100 000	38 300 000	37 700 000	36 600 000	38 400 000	41 500 000
Total pour l'Underground	123 600 000	115 800 000	118 000 000	119 400 000	122 700 000	129 200 000

Ainsi, après une perte de trafic assez sensible de 1886 à 1887, la pé-

riode de reprise qui a suivi, de 1887 à 1891, ne donne guère qu'une moyenne de 3 0/0 pour l'accroissement annuel.

Pendant ce temps les sept Compagnies de Tramways qui desservent la périphérie de Londres passaient de 145 millions de voyageurs (1887-88) à 186 millions (1890-91), soit 41 millions d'augmentation, ou en moyenne 7 1/2 0/0 par année, et les deux principales Compagnies d'omnibus, la *General Omnibus Company* et la *London Road Cars Company*, qui desservent le centre, donnaient des augmentations annuelles de 7 0/0 pour la première de ces deux Sociétés et de 27 0/0 pour la seconde. En dehors de ces deux Compagnies, il faudrait encore tenir compte d'une foule de Compagnies secondaires ou d'omnibus appartenant à de simples particuliers, car on sait qu'à Londres l'exploitation des omnibus ne comporte pas de monopole. Il est impossible de se procurer les chiffres relatifs à ces entreprises libres, qui ne sont soumises à aucun contrôle ; mais on peut approximativement estimer le nombre des voyageurs qu'elles transportent à 50 0/0 du trafic des deux grandes Compagnies.

Pour en revenir au Métropolitain, son étude fournit encore une remarque intéressante. C'est une des seules lignes urbaines dans laquelle le système des trois classes a été maintenu. Or, on peut constater que le nombre des voyageurs de première classe y reste à peu près stationnaire et tend même à décroître, tandis que l'accroissement de trafic est dû presque uniquement aux secondes et surtout aux troisièmes classes.

Ce résultat est la condamnation du système des trois classes.

Enfin le chiffre des abonnements est celui qui croît encore relativement de la façon la plus constante et la plus rapide.

Au point de vue des revenus, on peut constater aussi une grande faiblesse dans les résultats. L'Underground a coûté fort cher à établir, 540 millions pour l'ensemble du réseau, et pour les dernières sections ouvertes dans la Cité, on se rappelle que la dépense s'est élevée jusqu'à 50 millions par kilomètre. Depuis neuf ans, le District ne distribue plus de dividende qu'à ses actions privilégiées et pour le Métropolitain le dividende varie généralement entre 2 3/4 et 3 1/4 0/0.

On doit signaler comme ligne secondaire, pouvant se classer parmi les intermédiaires entre le chemin de fer proprement dit et le tramway, le *City and Soutwark Subway*, inauguré le 1er novembre 1890. C'est un chemin de fer électrique tubulaire à voie étroite : les deux tubes distincts qui renferment : l'un la voie montante, l'autre la voie descendante, ont chacun 3,20 *m* de diamètre intérieur ; ils sont établis, en général, sous de larges chaussées et à des profondeurs variant entre 13 et 20 *m* sous le sol ; pour atteindre la Cité, la ligne passe sous la Tamise et les tubes sont établis à 4,50 *m* environ au-dessous du lit du fleuve. Dans un article publié par le *Génie civil* (9 août 1890), j'ai décrit les procédés de construction employés pour l'exécution de ces travaux d'une nature toute spéciale.

Je dois me borner pour l'instant à quelques indications très sommaires sur l'exploitation de cette ligne. Le prix des places est uniformément fixé à 2 pennys (environ 0,20 *f*) : pendant la première année qui a suivi son ouverture, le Subway a déjà transporté 5 349 850 voyageurs : la fré-

quence des trains est d'environ 10 à 12 trains par heure dans chaque sens : des ascenseurs rendent assez commode au public l'accès des gares souterraines.

La traction électrique s'est généralement bien comportée, sauf dans certains cas très exceptionnels, où des trains trop surchargés de voyageurs sont restés pendant un certain temps en détresse dans les tubes : on parviendra facilement sans doute à obvier à ces inconvénients, ainsi qu'à mieux régler l'éclairage des voitures dont la régularité laisse encore à désirer.

Quoi qu'il en soit, l'expérience faite par la Compagnie du City and Southwark Subway semble avoir réussi à Londres et le système Greathead, dont elle constitue, croyons-nous, le premier essai, pourrait recevoir chez nous également d'intéressantes applications. Je vous demanderai peut-être la permission de revenir un jour sur ce sujet et de vous présenter une étude que j'ai faite pour l'application de ce système à une ligne d'intérêt local à construire sous Montmartre.

New-York. — New-York a une population de 1 350 000 habitants (1888) et une superficie de 5100 hectares, les deux tiers, environ, de celle de Paris.

La ville, vous le savez, Messieurs, est construite sur une presqu'île. Entourée par de larges bras de mer, elle se développe surtout en longueur et sur une largeur relativement faible. Elle est construite en damier : ses voies principales *(avenues)* sont parallèles à sa grande longueur, ses voies secondaires *(rues)* sont perpendiculaires aux premières et dirigées par conséquent dans le sens transversal.

Les avenues étant fort larges, absolument rectilignes, et établies sur un sol peu accidenté, il était facile d'installer des viaducs métalliques dans leur axe. Les considérations d'aspect n'ont pas arrêté les habitants de New-York dans l'adoption d'une solution que le sens artistique de notre vieille Europe aurait fait rejeter partout ailleurs.

C'est ainsi qu'ont été établies les voies de l'*Elevated*. Il se compose de quatre lignes principales qui desservent :

La 2e	avenue sur une longueur de	8,76	milles, soit	14	*km*
La 3e	— —	8,48	—	13,5	—
La 6e	— —	11,09	—	17,5	—
La 7e	— —	5,08	—	8	—
	Soit au total	33,41	milles, ou	53	*km*

Ces lignes, parallèles entre elles, suivent d'ailleurs, dans leur direction commune, l'unique grand courant de circulation de la ville.

Les premières origines de l'Elevated remontent à 1872, mais son réseau n'a été complété qu'en 1880. Depuis lors, la circulation s'y est développée d'une façon tout à fait surprenante.

Le nombre des voyageurs transportés, qui n'était encore que de 60 millions en 1880, s'est rapidement élevé jusqu'au chiffre de 103 millions atteint en 1885, et depuis lors, il n'a cessé de croître encore suivant la progression rapide qu'atteste le tableau suivant :

ANNÉES	NOMBRE DE VOYAGEURS transportés (millions)	RECETTES	
		DOLLARS	FRANCS
1886	115	7 338 482	36 700 000
1887	159	8 005 887	40 000 000
1888	172	8 576 489	42 800 000
1889	179	8 979 871	44 800 000
1890	188	9 410 193	47 050 000

Le développement exceptionnel du trafic, en 1887, répond à un important abaissement de tarif. Le tarif antérieur à 1886 était à 0,50 *f* pour la classe unique et pour tous les parcours, avec réduction à 0,25 *f* de 5 h. 30 m. à 8 h. 30 m. du matin et de 4 h. 30 m. à 7 h. 30 m. du soir; à la fin de 1886, le tarif a été uniformément réduit à 0,25 *f* pour toutes les heures de la journée et pour tous les parcours.

On voit d'ailleurs, en se reportant à la dernière colonne du tableau, que l'abaissement du prix des places n'a pas arrêté la progression des recettes. Tout au contraire, l'année où les tarifs réduits ont été appliqués est celle où l'accroissement des recettes a été le plus considérable. Il y a là un exemple qu'il est utile de méditer.

Au point de vue de la fréquence des trains, les Elevated de New-York présentent des résultats qui, à notre connaissance, n'ont encore été atteints nulle part ailleurs. Ainsi on compte journellement :

Sur la	6e	avenue. . . .	998	trains	dans	les deux sens.
—	3e	—	504	—	—	
—	9e	—	272	—	—	
—	2e	—	205	—	—	

Les trains se succèdent parfois à une minute d'intervalle et le service, qui fonctionne nuit et jour sans aucune interruption, comporte encore entre minuit et 5 heures du matin un passage de train dans chaque sens tous les quarts d'heure.

Enfin sur sa ligne la plus chargée (6e avenue), la Compagnie construit en ce moment une troisième voie qui, posée déjà sur une longueur de 7 440 *m*, lui permet d'avoir matin et soir des services directs d'express, ne s'arrêtant pas aux stations intermédiaires et effectuant en 35 minutes un parcours de 17 *km* : les trains ordinaires emploient 52 minutes à faire le même trajet et marchent par conséquent avec une vitesse, arrêts compris, d'environ 18 *km* à l'heure.

Le prix d'établissement des Elevated a été peu élevé, en général de 2 à 3 millions par kilomètre. En supposant même que les frais d'exploitation s'élèvent à 50 0/0 (ce qui paraît improbable puisqu'ils ne sont guère que de 42 0/0 sur l'Inner circle de Londres), la recette nette s'élèverait en 1890 à plus de 23 millions et demi de francs, représentant environ 20 0/0 du capital dépensé.

A New-York d'ailleurs, comme dans les autres grandes villes, nous

constatons que la prospérité des chemins de fer ne nuit pas à celle des tramways : ceux-ci transportaient déjà en 1888 plus de 270 millions de voyageurs, chiffre énorme pour une population moitié seulement de celle de Paris. Il faut dire qu'à New-York, le fiacre est presque inconnu et que toutes les courses pour ainsi dire se font soit par les tramways, soit par l'Elevated, qui n'est en réalité qu'un tramway à vapeur surélevé.

Berlin. — Berlin, qui compte actuellement une population de près de 1 500 000 habitants pour une superficie de 6 000 *h*, présente avec Paris au point de vue topographique une remarquable analogie que j'ai déjà signalée à plusieurs reprises, analogie toute topographique d'ailleurs et qui ne s'étend nullement à l'aspect pittoresque et artistique dont Paris conserve le monopole. Au point de vue topographique même, la ressemblance n'existe pas si l'on tient compte du relief du sol, car celui de Berlin est absolument plat, tandis que Paris est bâti sur un terrain fort accidenté. Mais l'orientation générale de la ville, la situation respective des quartiers similaires, la position des monuments principaux, celle des anciennes gares terminus, la forme de la ligne de Ceinture qui entoure Berlin d'un circuit à peu près égal à celui de notre Ceinture parisienne, enfin la nature et la direction des courants principaux de circulation, tous ces éléments offrent dans les deux capitales une frappante ressemblance.

La *Stadtbahn* qui forme, avec la Ceinture, le véritable Métropolitain de Berlin, est une ligne de jonction de 12 *km* de longueur, traversant de l'ouest à l'est le centre de la ville (1). Cette ligne, établie sur un viaduc en maçonnerie et dans une percée spéciale, passe à proximité des *Linden* (qui sont les grands boulevards de Berlin), de la Bourse, des Halles, et traverse à son extrémité est ,du côté de la gare de Silésie, des quartiers ouvriers fort analogues à ceux de notre faubourg Saint-Antoine. Son tracé a été assez heureusement combiné avec plusieurs opérations de voirie et notamment avec l'assainissement d'un vieux quartier très malpropre qui avait été bâti sur d'anciens fossés de la ville, le Kœnigsgraben.

La ligne est à quadruple voie sur tout son parcours : deux voies sont réservées au service urbain constitué par les deux circuits *(Nord-ring* et *Sud-ring)* que forment les deux moitiés de la Ceinture avec la transversale. Les deux autres voies sont affectées au service des banlieues et des grandes lignes.

La plupart des grands express traversent ainsi le centre de la ville, prenant et déposant leurs voyageurs dans quatre grandes *gares* échelonnées sur le parcours de la Stadtbahn, et dans l'intervalle desquelles ont été établies de simples *haltes* où les trains urbains s'arrêtent seuls.

Telle est, en deux mots, la Stadtbahn de Berlin.

On a dit que des considérations stratégiques avaient décidé sa création : elles l'ont peut-être hâtée, mais à coup sûr la Stadtbahn constitue ac-

(1) L'ensemble du réseau urbain (Stadtbahn et Ceinture) présente une longueur totale d'environ 65 *km*.

tuellement un instrument de circulation de premier ordre qui exerce sur le développement de Berlin la plus indiscutable influence et qui, en dehors de toute question militaire, mérite d'être très sérieusement étudiée.

Les dépenses d'établissement de la Stadtbahn (y compris les frais de la percée et les opérations de voirie connexes) se sont élevées à 85 millions de francs. Avec la Ceinture qui, construite dans des terrrains plats encore à peine bâtis, et pour ainsi dire en rase campagne, a été fort peu dispendieuse, l'ensemble du réseau urbain berlinois revient à 95 millions de francs à peu près.

Le mouvement de la circulation s'y est développé pendant ces dernières années avec une constance remarquable qu'on peut constater sur le tableau suivant :

ANNÉES (1)	NOMBRE DE VOYAGEURS transportés (millions)	RECETTES	
		MARCS	FRANCS
1884-85	16	2 380 000	3 000 000
1885-86	18	2 600 000	3 250 000
1886-87	23	3 000 000	3 750 000
1887-88	25	3 500 000	4 350 000
1888-89	27	3 899 000	5 000 000
1889-90	32	4 487 000	5 600 000
1890-91	41	4 974 000	6 200 000

Ainsi, en sept ans, le trafic a plus que doublé, tant comme nombre de voyageurs que comme chiffre de recettes.

Le coefficient d'accroissement s'est élevé pendant la dernière année a 28 0/0 pour le nombre des voyageurs et à 11 0/0 pour le chiffre des recettes.

Ces accroissements de trafic considérables correspondent à un abaissement graduel des tarifs.

Il n'y a que deux classes de voyageurs pour le service urbain de la Stadtbahn et de la Ceinture. Seulement, pensant avec raison que les voitures de première classe allemandes, qui n'ont que six places par coupé, offriraient un luxe de confortable exagéré pour les courts trajets à effectuer à l'intérieur de la ville, l'administration du Métropolitain de Berlin n'a conservé pour ce service que les secondes et les troisièmes. Au lieu des troisièmes classes, comme sur notre Ceinture, ce sont les premières classes qui sont supprimées.

Les tarifs, après avoir été d'abord de 20 et 50 pfennigs (0,25 *f* et 0,625 *f*) pour la seconde classe et de 10 et 40 pfennigs (0,125 *f* et 0,50 *f* pour la troisième, furent abaissés en janvier 1890 à 15 et 40 pfennigs (0,20 *f* et 0,50 *f*) pour la seconde. 10 et 30 pfennigs (0,125 *f* et 0,375 *f*) pour la troisième classe.

(1) Les exercices sont comptés du 1er avril de chaque année au 31 mars de l'année suivante.

Enfin, depuis le 1er octobre 1891, le tarif de zone suivant a été adopté :
Troisième classe 10 pfennigs = 0,125 *f* pour cinq intervalles de stations.
20 pfennigs = 0,25 *f* au delà.
Deuxième classe 15 pfennigs = 0,187 *f* pour cinq intervalles de stations.
30 pfennigs = 0,375 *f* au delà.

La recette moyenne par voyageur transporté ressort environ à 0,15 *f*.

Le Métropolitain de Berlin nous offrant un exemple unique de l'association des services urbains avec ceux de banlieue et de grandes lignes, une remarque intéressante porte sur la proportion dans laquelle ces trois services figurent dans la recette totale. On trouve que cette proportion tend à s'établir de la manière suivante :

Trafic urbain	75 0/0
Trafic de banlieue	12 1/2 0/0
Trafic des grandes lignes	12 1/2 0/0

et l'on constate ainsi la prédominance très marquée du service urbain.

Ce service lui-même se décompose en :

Service de la Stadtbahn sur la Stadtbahn, représentant environ		66 0/0
Service de la Stadtbahn sur la Ceinture et réciproquement	—	17 0/0
Service de la Ceinture sur la Ceinture :	—	17 0/0

du service urbain total.

Le nombre des voyageurs de banlieue l'emporte de beaucoup sur ceux des voyageurs de grandes lignes ; mais ces derniers, étant soumis à une tarification plus élevée et fournissant de plus, par les bagages, un élément spécial de recette, on s'explique ainsi que le trafic des grandes lignes entre dans la recette totale pour un chiffre à peu près égal à celui des banlieues.

Au sujet de la banlieue, il nous semble important d'établir une distinction essentielle entre Berlin et Paris où le mouvement de banlieue nous paraît appelé à prendre une importance relativement beaucoup plus grande. En effet, ce qui alimente utilement une ligne urbaine, c'est bien plus l'habitant que le promeneur, l'habitant qui apporte à la circulation le contingent journalier de ses allers et retours périodiques, tandis que le promeneur ne fournit que des à-coups de circulation l'été, à de certains jours et à de certaines heures. Aussi les lignes de villégiature présentent-elles par moment ces encombrements et ces surcharges de trains qui frappent beaucoup l'observateur superficiel, tandis que les lignes à circulation régulière et continue offrent seules un trafic véritablement rémunérateur. Or, à ce point de vue, Berlin diffère considérablement de Paris : étant donnée sa population moitié moindre, et sa superficie également plus petite, on ne trouve guère, en dehors du circuit de la Ceinture, de ces localités suburbaines, telles que Levallois-Perret, Asnières, Saint-Ouen, Saint-Denis, Saint-Mandé, par exemple, habitées par une population dense que ses occupations appellent journellement dans la capitale. Des agglomérations de ce genre tendent bien à se former depuis la création de la Stadtbahn, à Spandau, par exemple, mais elles ne sont encore qu'à l'état naissant.

Il se produit également un mouvement intéressant sur la Ceinture de Berlin qui ne traversait, au moment de sa construction, que des régions

presque inhabitées et dont la circulation propre s'est élevée de 1 607 590 billets délivrés (1884-1885) à 4 601 923 billets (1890-1891).

Le mouvement développé entre la Ceinture et le centre s'est élevé d'autre part, pendant ce dernier exercice, au chiffre de 5 161 231 billets, dans lequel les abonnements figurent pour 3 453 et les billets ouvriers de semaine pour plus de 275 000.

Pour répondre à ce mouvement de circulation qui tend constamment à s'accroître, l'administration de la Stadtbahn a augmenté considérablement le nombre de ses trains, qui s'élève actuellement aux chiffres suivants en moyenne :

	Semaine.	Dimanche.
Voies urbaines	325 tr. p. jour.	400 tr. p. jour.
Voies de grandes lignes et de banlieue.	147 —	152 —
Total pour les quatre voies.	472 —	552 —

Il semble absolument impossible sur une ligne métropolitaine quelconque d'intercaler dans un service urbain intense un service quelconque de grandes lignes ; et cela moins encore à cause de la fréquence des trains qui peut être rendue très grande sans inconvénients (nous l'avons vu par l'exemple de New-York) que par suite de la nature incompatible de ces deux services. Les trains de grandes lignes en effet, pour des motifs spéciaux, et notamment par la nécessité des correspondances, sont exposés fatalement à certaines irrégularités dans les heures d'arrivée ; de plus, ils ne doivent pas s'arrêter aux haltes intermédiaires, mais ils ont nécessairement des stationnements assez longs dans les grandes gares où ils ont à charger des voyageurs à longs parcours et des bagages. Il était donc indispensable d'avoir, pour le service urbain et le service des grandes lignes, deux couples de voies distinctes. Quant au service de la banlieue, on crut pouvoir sans inconvénient le reporter au début sur les voies de grandes lignes. Actuellement le développement de ces deux derniers services rend déjà difficile le maintien de cette combinaison, et l'on regrette de n'avoir pas dès l'abord adopté pour la Stadtbahn la sextuple voie qui permettrait d'isoler chacun des trois services sur deux voies spéciales. On le regrette tellement qu'on a même élaboré un projet pour la création de deux voies nouvelles. Mais ce projet, en dehors d'une dépense énorme de 50 millions de francs, présenterait des difficultés de construction très grandes et il est peu probable qu'il puisse être exécuté. A défaut de mieux, on sera amené sans doute à reporter sur les lignes urbaines une grande partie du service de banlieue, en astreignant ce dernier service à une extrême ponctualité.

En dehors du mouvement des voyageurs, la Stadtbahn comporte depuis 1887 un service spécial pour l'approvisionnement des Halles centrales situées à proximité de son parcours. Ce service, qui se fait la nuit, à l'heure où la circulation des voyageurs est interrompue, a donné les résultats suivants :

1887-1888	158 674 marcs,	soit	198 000 f
1888-1889	437 186 »	»	546 000 f
1889-1890	481 316 »	»	602 000 f
1890-1891	583 360 . »	»	730 000 f

La proportion dans l'accroissement des recettes atteint 25 0/0 pour le dernier exercice.

Enfin, l'adoption du système aérien et du viaduc en maçonnerie dans une percée nouvelle a permis l'utilisation du dessous du viaduc pour la location à l'industrie et au commerce.

Cette utilisation n'est faite que d'une façon très restreinte, car ne prévoyant ni l'importance que prendrait un jour cette source de revenus, ni les avantages de toute nature qui résulteraient de la création des rues latérales, on n'a ouvert ces rues, par des raisons d'économie, que sur d'assez faibles longueurs. On cherche actuellement à compléter dans une certaine mesure cette opération, mais, même après l'achèvement des travaux en cours d'exécution, sur 6 kilomètres environ, longueur du tracé en pleine ville, il n'existera guère de voies latérales que sur 2 kilomètres et sur un seul côté du viaduc. Dans ces conditions, le nombre des arcades qui ont pu être avantageusement utilisées est assez limité; ces arcades sont principalement situés aux croisements avec les anciennes rues et à proximité des gares. Leur location a donné les produits suivants :

1887-1888	358.000 marcs,	soit	448.000 *f*
1888-1889	359.000 »	»	450.000 *f*
1889-1890	396.000 »	»	495.000 *f*
1890-1891	420.090 »	»	525.000 *f*

Ces boutiques, très recherchées, notamment pour cafés et brasseries, sont louées, d'ailleurs, pour la plupart, à des prix susceptibles de fortes augmentations à l'expiration des baux actuels.

En totalisant l'ensemble des recettes précédentes, on trouve que la Stadtbahn de Berlin a donné, pour l'exercice de 1890-1891 :

Trafic voyageurs	6 200 000 *f*	
Trafic Halles	730 000	
		6 930 000 *f*
Location des boutiques		525 000
TOTAL GÉNÉRAL.		7 455 000 *f*

Si l'on applique au trafic le coefficient d'exploitation très élevé de 57 0/0 constaté sur l'ensemble du réseau des chemins de fer de l'Etat en Prusse, la recette nette s'élève à :

Trafic voyageurs et marchandises	2 980 000 *f*
Location des boutiques	525 000
TOTAL GÉNÉRAL.	3 505 000 *f* (1)

(1) Il est intéressant de noter encore dans quelle proportion chacun des éléments de recette entre dans la composition de ce total; on trouve :

Voyageurs	Service urbain	58,5 0/0
	Service de banlieue	9,5 0/0
	Service de grandes lignes	9,5 0/0
Marchandises (Halles).		8,5 0/0
Location des boutiques.		14 0/0

Ce chiffre représente un peu plus de 3 1/2 0/0 du capital employé à la construction (Stadtbahn et Ceinture), mais on doit largement tenir compte des opérations d'assainissement et de voirie que la création de la Stadtbahn a provoquées et qui se trouvent comptées dans ses dépenses. On doit aussi remarquer que la progression rapide et constante des recettes permet d'espérer à bref délai des résultats bien plus rémunérateurs.

D'ailleurs, tandis que la circulation sur la Stadtbahn se développait de la façon que nous venons de voir, les autres entreprises de transports ne souffraient pas en général de cette puissante concurrence. Il est curieux, pour s'en rendre compte, de suivre la marche ascendante du trafic sur la Grande Compagnie des Tramways berlinois, relativement analogue comme importance à notre Compagnie des Omnibus. De 1881 à 1890, c'est-à-dire pendant la période de développement de la Stadtbahn, l'exploitation de cette Compagnie a donné les résultats suivants :

Années.	Nombre de voyageurs transportés (en millions).	Recettes d'exploitation (en marcs).
1881	52	6 700 000
1882	57	7 200 000
1883	62	7 800 000
1884	71	8 800 000
1885	77	9 500 000
1886	86	10 500 000
1887	94	11 500 000
1888	102	12 000 000
1889	114	13 400 000
1890	121	14 200 000

Une Compagnie de tramways de moindre importance et moins favorisée assurément est la Berliner Pferde-Eisenbahn Gesellschaft, dont la principale ligne est exactement parallèle à la Stadtbahn. Eh bien, en créant de nouvelles lignes transversales, en abaissant ses tarifs, en récoltant les voyageurs à petits parcours entre les stations du chemin de fer, cette Compagnie est parvenue à soutenir encore son trafic et à vivre pour ainsi dire avec les miettes du Métropolitain. Si ses recettes se sont abaissées par suite de la réduction du prix des places, le nombre total de ses voyageurs n'a pas cessé de s'accroître (de 3 900 000 en 1881 à 5 630 000 en 1890), et sur sa ligne parallèle à la Stadtbahn, il est resté à peu près stationnaire.

Et maintenant, Messieurs, quelles sont les conclusions à tirer de cette espèce d'enquête, de cette rapide revue des transports en commun dans les grandes villes dotées presque toutes d'instruments de circulation supérieurs à ceux que nous possédons jusqu'à ce jour?

D'abord, nous constatons que, dans tous les grands centres populeux, le mouvement des transports s'accroit en proportion des facilités qui sont offertes. On peut dire qu'en général *tout nouveau moyen de transport crée de la circulation*, et l'on voit se développer parallèlement les diverses entreprises qui fonctionnent simultanément dans les mêmes centres.

Dans cet accroissement simultané, la part la plus favorable appartient

bien entendu aux moyens de transport les mieux appropriés aux besoins à satisfaire. Le chemin de fer, le tramway, l'omnibus, par exemple, sont des instruments très différents auxquels il ne faut pas demander les mêmes services; leur meilleure utilisation pourrait s'exprimer, à mon avis, par une formule telle que la suivante : les trajets à parcourir se décomposant par leur longueur en centaines, dizaines et unités, les centaines doivent se faire en chemin de fer, les dizaines en tramways et les unités en omnibus. Les trois systèmes de transport, loin de se nuire les uns aux autres, ne pourront que se favoriser mutuellement, à la condition que chacun d'eux reste dans son rôle.

En général, il semble résulter de la comparaison des résultats obtenus que les conditions les plus favorables au développement de la circulation et à la prospérité des entreprises sont les suivantes :

1° Bon marché ;

2° Fréquence des départs supprimant l'inconvénient des attentes;

3° Agrément de la circulation, obtenu surtout par les transports aériens.

Nous constatons que les abaissements de tarifs ont produit en général des accroissements de circulation tels qu'ils ont compensé et au delà les réductions consenties sur le prix des places et n'ont pas arrêté la progression des recettes (Bateaux-omnibus de Paris, Elevated de New-York, Stadtbahn de Berlin).

Le prix des transports urbains le plus rémunérateur tend à s'établir entre 0,10 *f* et 0,20 *f* (en tenant compte, bien entendu, des différences entre la valeur relative de l'argent, 0,25 *f* à New-York valant à peine 0,20 *f* à Paris). Sur les omnibus surtout, qui, affectés naturellement aux courts trajets, doivent chercher leur bénéfice dans le *renouvellement* des places, le bon marché s'impose, selon nous, comme condition essentielle de réussite et de prospérité.

Le système des trois classes (Londres) paraît condamné par l'expérience ; celui de la classe unique (New-York) est peu compatible avec nos habitudes actuelles ; le système des deux classes, comme à Berlin, semble mieux convenir aux goûts du public parisien ; c'est ce système qui est déjà adopté sur la ligne d'Auteuil, la Ceinture et nos principales lignes de banlieue.

D'ailleurs, la différence de prix entre les deux classes ne doit pas être trop élevée, sous peine de faire déserter par le public la classe la plus chère ; la proportion de deux à trois entre les prix des deux classes semble la plus convenable.

Lorsqu'un Métropolitain est établi de manière à desservir à la fois la circulation urbaine de banlieue et de grandes lignes, c'est le premier de ces éléments qui constitue la part de beaucoup la plus importante de son trafic.

Au point de vue financier, le *système aérien dans les rues existantes*, tel qu'il est appliqué à New-York, est celui qui présente à coup sûr les plus brillants résultats. L'Elevated, en raison de ses frais d'établissement peu élevés et de son immense trafic, arrive, comme nous l'avons vu, à rapporter près de 20 0/0 et constitue une très belle affaire industrielle. Mais l'application de ce système est absolument impossible chez nous :

d'abord parce que le tracé de nos rues ne s'y prête pas; ensuite, parce que, s'il s'y prêtait, nous ne consentirions jamais à déshonorer nos voies publiques par des superstructures pareilles. Tout au plus peut-on utiliser de cette manière quelques boulevards excentriques, comme je l'ai fait dans mon projet, en profitant des boulevards de Grenelle et Richard-Lenoir pour y installer des viaducs. Mais les tracés sont forcés d'abandonner ces larges voies au bout de parcours relativement fort restreints, et ces lignes excentriques ne sauraient prétendre à une circulation ayant le moindre rapport avec l'immense courant alimentant l'Elevated de New-York.

En dehors de cette solution, très séduisante assurément, mais inapplicable chez nous et en général dans toutes les villes d'Europe, l'expérience démontre qu'*aucune entreprise de Métropolitain ne peut constituer, avec les seules ressources de l'industrie privée, une affaire financièrement viable*. On se trouve en effet en présence, ou du *système souterrain*, dont l'Underground de Londres nous offre l'exemple, ou du *système aérien dans une percée spéciale*, représenté par la Stadtbahn de Berlin. Ces deux systèmes nécessitent fatalement de très fortes dépenses, et l'expérience montre que le premier ne fournit que des dividendes insignifiants, et que le second, malgré une forte tendance à la hausse dans les recettes, ne produit cependant encore, après dix ans d'existence, que 3 1/2 0/0 du capital dépensé, ce qui n'est pas en rapport avec le taux auquel l'industrie privée doit rémunérer l'argent qu'elle emprunte.

Un Métropolitain ne semble donc exécutable dans l'un ou l'autre de ces systèmes que si, par une combinaison quelconque, on parvient à se procurer l'argent nécessaire à un taux variant entre 3 et 4 0/0.

Mais tandis que, dans la solution souterraine, les sommes dépensées sont uniquement employées à triompher des difficultés de construction, dans le système aérien, ces dépenses, utilisées d'une façon infiniment plus productive, permettent :

1° De payer une opération de voirie qui s'associe naturellement à la construction du viaduc;

2° De fournir à l'entreprise des ressources spéciales par la location de boutiques aménagées sous le viaduc, et d'ajouter ainsi aux recettes du chemin de fer un appoint qui n'est nullement négligeable;

3° De donner aux lignes métropolitaines le nombre de voies indispensables, et aux stations l'ampleur nécessaire, pour associer au mouvement urbain proprement dit, celui des banlieues et des grandes lignes, et le service d'approvisionnement des Halles.

En tenant compte de tous ces avantages, on peut dire que le système aérien de Berlin, s'il est moins directement productif que celui de New-York, a sur lui cependant, au point de vue de l'intérêt général, une supériorité incontestable.

Enfin, un dernier enseignement nous est encore donné par ces études comparatives. Partout et toujours nous constatons qu'en matière de chemin de fer, on a fait trop petit au début et qu'on s'est trouvé forcé d'agrandir après coup l'œuvre première, opération parfois impossible, toujours très difficile et très dispendieuse lorsqu'il s'agit d'un Métropolitain.

A Londres, l'Underground étouffe dans ses souterrains et son trafic semble condamné à ne plus guère s'accroître. A New-York, l'Elevated complète ses viaducs par l'adjonction de troisièmes voies. A Berlin, les Ingénieurs de la Stadtbahn regrettent de n'avoir pas construit dès l'abord le viaduc à six voies, au lieu de quatre.

A Paris même nous avons des exemples semblables, et, sans parler de la réfection et de l'agrandissement qui s'impose successivement pour toutes nos grandes Gares Terminus, on peut citer sur la Ceinture l'opération de la suppression des passages à niveau qui, de 1886 à 1890, a coûté plus de 16 millions et qui, effectuée au début, lors de l'installation de la ligne, se serait soldée par un supplément insignifiant dans les dépenses.

Toutes ces erreurs s'expliquent et s'excusent par l'ignorance où l'on était, il y a trente ou quarante ans, du développement considérable que la circulation était appelée à prendre et des ressources qu'elle pouvait fournir. Actuellement, on n'aurait plus les mêmes excuses, et les statistiques du genre de celles que je viens de vous présenter peuvent et doivent permettre d'éviter à l'avenir de semblables mécomptes.

Je crois, Messieurs, que les documents consciencieusement rassemblés que j'ai mis sous vos yeux et les quelques conséquences que j'ai pu en déduire sont de nature à confirmer les idées que j'avais anciennement émises sur la question du Métropolitain et à justifier les prévisions qui ont servi de base à mes études antérieures.

J'ai été fort heureux de constater que l'expérience des faits donnait ainsi raison à mes théories; mais je serai plus heureux encore si je parviens à vous faire partager ma conviction à cet égard.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. P. Haag de cette utile comparaison de divers Métropolitains entre eux, ainsi que de l'amabilité avec laquelle il veut bien se mettre à la disposition de nos collègues pour leur soumettre ses plans et modèles.

Il est convenu que ceux que ces questions intéressent pourront se rendre, les mardi 16 et 24 mai, 11 *bis*, rue Chardin, où ils trouveront M. Haag, le matin, de 9 heures à 11 heures.

Vu l'heure avancée, la suite de la discussion ainsi que les communications de M. P. Villain sur son Projet de Métropolitain et de nos autres collègues inscrits pour prendre la parole sur le même sujet, sont remises à la prochaine séance.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Séance du 20 mai 1892.

PRÉSIDENCE DE M. P. BUQUET

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part du décès de M. A.-B. Bukaty, ancien élève de l'Ecole Centrale (1852), membre de la Société depuis 1872; a été Ingénieur au Chemin de fer du Midi, puis au Chemin de fer du Nord de l'Espagne. Cette Compagnie le chargea, en 1863, de l'éclairage des travaux de la traversée du Guadarrama au moyen de l'électricité. On employait les régulateurs Serrin, alimentés par des piles Bunsen. Les régulateurs étaient montés sur des pylones en bois placés à proximité des travaux. C'est la première application importante de l'électricité à l'éclairage de grands travaux et chantiers (1).

M. LE PRÉSIDENT, parmi les ouvrages reçus, signale un travail de M. H. Fontaine sur l'*Électrolyse* et un envoi, par M. de Borodine, de documents et dessins se rapportant aux wagons-type à marchandises des Chemins de fer Russes et Sud-Ouest Russes.

Il signale aussi l'envoi, par M. J.-J. Heilmann, d'une brochure datant de 1856, et relative à l'invention par Josué Heilmann, père de notre collègue, de la peigneuse qui porte son nom. On trouvera, dans les Bulletins de la Société d'Encouragement, de 1857, un rapport très complet sur cette peigneuse, rédigé par M. Alcan.

M. E. POLONCEAU a la parole pour présenter une analyse d'un ouvrage de M. Cheysson et s'exprime ainsi :

M. Cheysson, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, a fait hommage à la Société des Ingénieurs civils d'un travail intitulé :

Les budgets comparés des cent monographies de famille publiées d'après un cadre uniforme, dans les « Ouvriers européens » et les « Ouvriers des Deux Mondes », avec une introduction par M. Cheysson, en collaboration avec M. Alfred Toqué, Ingénieur des Mines.

Cet ouvrage m'ayant paru très intéressant et l'introduction de M. Cheysson étant très remarquable, je vous demande la permission de vous en faire un court exposé.

M. Cheysson entre d'abord dans quelques considérations sur les procédés de statistique généralement employés : l'*enquête* et la *monographie* : le premier est une attribution de l'Etat qui possède seul les moyens pour le mettre en pratique ; le second est, au contraire, du ressort de l'initiative privée.

(1) Voir le mémoire de M. Brüll sur l'*Inauguration du Chemin de fer du Nord de l'Espagne*, 1864.

Il montre ensuite les services que peut rendre la monographie, qu'il définit ainsi : *L'étude approfondie d'un sujet choisi comme type, que ce type soit un individu, une famille, un atelier ou une nation.* C'est surtout pour l'étude des questions sociales que la monographie peut être d'une grande utilité, car c'est la méthode qui se prête le mieux à l'observation comparée des faits actuels. Elle a déjà été appliquée à l'étude de diverses organisations plus ou moins étendues : à celle des nations, par MM. Le Play et Delaire dans la *Constitution de l'Angleterre ;* à celle des Ateliers des centres industriels et ruraux, par MM. Villermé, Louis Reybaud et Baudrillart ; à celle des Houillères d'Anzin, par MM. Georges Michel et Alfred Renouard. Elle est également applicable à la commune, mais c'est surtout à la famille que cette méthode s'adapte le mieux.

Elle permet de voir tous les facteurs techniques et moraux qui influent sur la situation de la famille et d'éclairer un certain nombre de problèmes qui seraient à peu près insolubles si on les prenait dans leur généralité ; en particulier celui de l'évaluation des charges proportionnelles qui pèsent sur l'agriculteur, le commerçant et l'industriel, ceux relatifs à l'assiette des impôts, à la réglementation du travail des femmes et des enfants, du travail de nuit et du dimanche, etc. Elle peut encore servir à étudier le mécanisme et l'agencement des institutions de prévoyance. Elle peut être utile au conquérant en lui faisant connaître les mœurs des peuples conquis ; à l'historien, en lui servant de document pour caractériser une époque.

Nous engageons nos collègues à étudier avec soin cette monographie de la famille, pages 6 à 10.

M. Cheysson cite ensuite les noms des auteurs qui ont dressé des monographies de famille et mentionne quelques institutions collectives, dont les unes dépendent de l'Etat et les autres émanent de l'initiative privée, qui se sont fondées pour l'étude des questions sociales : en particulier dans la première catégorie, les *Bureaux de travail* des États-Unis, dont le plus ancien est celui de Masachussetts et le *Board of Trade*, qui a surtout puisé des renseignements auprès des sociétés coopératives ; dans la deuxième catégorie, *la Société internationale d'encouragement des études pratiques d'économie sociale*, qui a adopté le plan tracé par Le Play, son fondateur, et s'occupe de la publication des monographies contenues dans les *Ouvriers européens* et *les Ouvriers des Deux Mondes*, qui atteignent aujourd'hui le nombre de cent et qui font l'objet du livre actuel de M. Cheysson ; *la Société d'économie sociale de Belgique, la Société d'économie sociale de Montréal, au Canada, la Société chrétienne suisse d'économie sociale et la Société suisse pour l'étude pratique des questions sociales.* Enfin, différentes Sociétés de même nature sont en formation dans les pays étrangers, en Italie, par exemple.

M. Cheysson décrit ensuite la méthode de Le Play, qui est la méthode commune adoptée pour les cent monographies des *Ouvriers européens* et des *Ouvriers des Deux Mondes.*

Ce qui en fait l'originalité, c'est le rôle qu'y joue le budget. Le Play a remarqué, en effet, que tous les actes de la vie d'une famille aboutissent à une recette ou à une dépense ; en sorte qu'en alignant le budget de cette famille, on arrive à pénétrer sa situation non seulement maté-

rielle, mais encore morale. Le cadre adopté est uniforme pour toutes les monographies, ce qui facilite le travail de ceux qui les consultent.

Chaque monographie comprend, outre le *budget*, des *observations préliminaires* et des *notes annexées*.

Les *budgets* se divisent en trois parties : le budget des recettes (voir page 17), le budget des dépenses (voir p. 20) et les comptes annexés aux budgets.

Les *observations préliminaires* (voir p. 21) se composent de treize paragraphes répartis en quatre chapitres ayant comme titres :

Définition du lieu, de l'organisation industrielle et de la famille ;

Moyens d'existence de la famille ;

Mode d'existence de la famille ;

Histoire de la famille.

Les *notes annexées* sont consacrées aux faits importants d'organisation sociale, aux particularités remarquables, aux appréciations générales et aux conclusions.

Nous signalons spécialement le chapitre VII : rapprochement des budgets domestiques (p. 29 à 35).

L'introduction dont je viens de donner l'analyse rapide est suivie de trois annexes et de deux séries de tableaux.

L'annexe n° 1 donne la liste des travaux des principaux auteurs de différents pays qui se sont occupés de monographie.

L'annexe n° 2 contient des extraits de l'Instruction pour l'observation des faits sociaux d'après la méthode de Le Play. Elle indique les règles à suivre pour faire ces observations, recommande par exemple, dans une région qui n'a pas encore été décrite, de porter son attention sur les paysans ou les petits propriétaires qui emploient sur leur domaine la totalité de leur temps, parce que ce sont eux qui forment l'élément fondamental d'une constitution. Elle fait connaître les conditions où il faut se placer pour bien observer, la manière de constater les faits, et recommande de recourir le plus souvent possible à l'observation directe et de conduire l'interrogatoire, autant que possible, dans l'ordre indiqué par le cadre de la méthode, sans cependant s'y astreindre trop rigoureusement, ce qui pourrait exciter de l'ennui ou de la méfiance chez les personnes interrogées ; enfin, il est une vertu indispensable à l'observateur qui s'occupe de monographie ; c'est le respect de la vérité.

L'annexe 3 renferme un spécimen de budget de monographie pour une famille de paysans en communauté du Lovedan ; ce budget a été établi d'après les renseignements recueillis sur les lieux par Le Play lui-même en 1856.

Les tableaux A sont des tableaux synoptiques des cent monographies de famille qui ont tous été établis de la même manière. Chaque monographie y figure avec un numéro d'ordre spécial, la définition de la famille, les sources de la monographie.

Les tableaux B sont des tableaux synoptiques des cent budgets, où le numéro d'ordre et la désignation de chaque monographie se trouvent reproduits. On a ainsi, en se reportant d'un numéro d'ordre du tableau A aux numéros d'ordre correspondants des tableaux B, tous les éléments relatifs à une monographie complète.

Dans les circonstances actuelles, les études de ce genre sont à recommander spécialement aux Ingénieurs : il en ressort d'une manière évidente que la solution de la question ouvrière ne git pas dans les limitations de salaires, de congés, de travail, etc. La solution est dans l'union *des patrons* et *des ouvriers :* ce n'est que par cette union que l'on arrivera à l'amélioration réelle du sort du travailleur.

C'est donc aux patrons, par une entente cordiale avec leurs ouvriers, qu'il appartient de chercher à résoudre la question en améliorant leur condition d'existence non seulement par les salaires, mais aussi par une série de mesures, telles que : habitations saines et économiques, avec jardin lorsque ce sera possible ; écoles pour les enfants et cours pour les adultes ; médecins et médicaments gratuits aux blessés et malades ; secours aux familles nombreuses ou nécessiteuses ; magasins de denrées, de vêtements, boucherie ; sociétés de secours mutuels ; avances ; pensions de retraite, etc.

Les patrons, tout en améliorant les salaires, s'il y a lieu, diminueront les dépenses de l'ouvrier par ces diverses mesures et assureront l'avenir. Les habitations saines, en améliorant leur santé, diminueront les dépenses de maladies pour l'ouvrier.

Ces mesures n'occasionneront que de faibles charges au patron si ses ouvriers lui sont dévoués, s'ils lui restent unis dans le travail ; si, au contraire, ses ouvriers ne marchent pas avec lui la main dans la main, s'ils ne prennent pas la défense de ses intérêts, il sera impossible au patron d'assumer toutes ces améliorations, parce qu'elles deviendraient bientôt pour lui une charge écrasante qui amènerait sa ruine à bref délai.

M. J. Fleury présente à la Société un travail de notre collègue, M. de la Gressière, sur les *Traverses métalliques.*

Le but qu'a poursuivi M. de la Gressière est de simplifier, autant que possible, le mode d'assemblage du rail avec la traverse, de le rendre plus expéditif, et surtout plus efficace et absolument inébranlable. La traverse du système dont il s'agit est déjà en service d'essai depuis un certain temps sur les lignes de l'Est : près de 150 000 trains ont déjà passé sur ces traverses et aucune dislocation, aucun jeu dans les pièces n'ont été observés. Le système semble donc se présenter d'une façon avantageuse, surtout pour les petites lignes qui pourront avoir des traverses très légères et, par suite, peu coûteuses, bien qu'ayant une grande stabilité et une résistance suffisante au déversement et à l'écartement.

M. Fleury dépose le travail de M. de La Gressière sur le bureau, et ceux que la question intéresse le trouveront aux Archives de la Société.

M. le Président avise la Société d'une modification à l'ordre du jour de la prochaine séance, dans laquelle les communications primitivement annoncées seront remplacées par un exposé sur l'*État actuel de la Métallurgie en général dans l'Amérique du Sud et principalement au Chili : son avenir et son importance au point de vue de l'industrie et du commerce français.*

Cette communication sera faite par l'un de nos collègues récemment reçu, M. Ch. Vattier, qui, depuis longtemps, habite le Chili, où il doit

retourner sous peu, et qui a bien voulu, avant son départ, nous entretenir de cette question.

M. le Président invite plus spécialement les membres de la Société à assister à cette séance, vu l'importance du sujet traité au point de vue français.

M. P. Villain a la parole pour présenter un *Projet de Métropolitain dans Paris*.

M. P. Villain se propose d'examiner successivement les points suivants : I. Circulation ; II. Tracé ; III. Construction ; IV. Stations et gare centrale ; V. Objections : 1° Ponts et Tunnels, 2° Égouts ; VI. Rôle de l'artère centrale ; VII. Solution incomplète ; VIII. Métropolitains étrangers ; IX. Dépenses et recettes ; X. Intérêt de Paris ; XI. Antériorité du projet.

I. Circulation. — Afin de se renseigner le plus exactement possible sur ce point, M. P. Villain a essayé, il y a quatre ans, de dresser une carte dans laquelle il a résumé tous les renseignements statistiques donnés par les grandes entreprises de transport en commun, telles que omnibus, tramways, bateaux, chemins de fer, tant sur le nombre de voyageurs transportés que sur celui des véhicules employés à leur transport. Il indique comment il a procédé pour mener à bien ce travail.

Si l'on examine cette carte et que l'on récapitule les données qu'elle fournit on constate : d'abord que tous les courants de circulation s'entassent et s'accumulent au centre de Paris ; puis, que le trafic, inversement proportionnel aux parcours exploités, suit une progression arithmétique décroissante alors que les parcours augmentent géométriquement.

Le point de Paris où tendent le plus grand nombre et les plus importants courants de circulation semble être entre le Louvre, la Belle-Jardinière et le Pont-Neuf. C'est en ce point que M. Villain place la gare centrale dont il sera parlé plus loin.

M. P. Villain donne ensuite la répartition du nombre des voyageurs sur les lignes les plus fréquentés, omnibus, chemins de fer, etc. De la comparaison des chiffres relevés il y a quatre ans avec ceux des transports actuels, il semble ressortir que le mouvement des voyageurs est à peu près stationnaire sur les grandes lignes d'omnibus et tramways, Madeleine-Bastille, Clichy-Odéon, Est-Montrouge, Etoile-La Villette, tandis que les lignes qui se dirigent vers les gares voient encore s'augmenter leur clientèle.

Les chemins de fer et les bateaux présentent aussi une augmentation sensible. La gare Saint-Lazare, par exemple, est passée de 25 à 30 millions de voyageurs en 1890 et à 32 millions en 1891. L'augmentation sur les gares de l'Est et de Vincennes est d'un million.

Enfin les bateaux ont passé de 17 à plus de 23 millions de voyageurs.

De cet examen l'on peut conclure que les omnibus et les tramways qui ont longtemps suffi au service des communications parisiennes ne répondent plus aux besoins nouveaux qui se sont produits. Il est donc urgent d'aborder et de résoudre le problème du Métropolitain.

II. Tracé. — La circulation partant du centre ou tendant vers le centre

de la ville, c'est évidemment vers ce point que le chemin de fer doit être dirigé.

Il est une idée accréditée depuis longtemps : c'est qu'il suffirait de deux lignes dirigées l'une de l'Est à l'Ouest, l'autre du Nord au Sud et se coupant à angle droit au centre de Paris.

M. P. Villain propose la construction immédiate de la première de ces deux lignes qui pourrait suivre la Seine sur presque tout son parcours, dans des conditions exceptionnelles de bonne et facile exécution.

Si l'on suppose en effet qu'un tunnel soit construit sous la chaussée pour recevoir les trains du Métropolitain, il est facile de donner de l'air et de la lumière à ce souterrain : il suffira pour cela d'ouvrir dans les murs du quai, au-dessus du niveau des plus hautes eaux bien entendu, une série de fenêtres.

On aura ainsi une galerie à la fois souterraine et à jour qui permettra de faire pénétrer le chemin de fer au cœur de Paris sans expropriation et sans modifier la circulation des voitures qui passeront au-dessus.

Cette ligne se relèverait, d'un côté, vers la place Mazas et le boulevard Diderot, et de l'autre vers l'avenue et le parc du Trocadéro, formant ainsi le trait d'union naturel des lignes de Vincennes et des Moulineaux. Traversant toute la région centrale de Paris, elle donnerait accès à la fois aux trains des demi-cercles Nord et Sud du Chemin de fer de Ceinture et à ceux des grandes lignes de Lyon, d'Orléans et de Bretagne.

Cette ligne forme, avec la gare centrale du Pont-Neuf, l'ossature maîtresse du futur réseau métropolitain.

III. Construction. — La ligne se détacherait du chemin de fer de Vincennes en suivant le boulevard Diderot sur un viaduc supporté par des colonnes, et placé au milieu du boulevard sur un terre-plein de 8 *m* de largeur. Le boulevard ayant 32 *m*, il reste ainsi pour la circulation deux rues latérales de 12 *m* chacune.

Franchissant le canal Saint-Martin, la ligne gagne par le quai Henri IV la galerie du bord de l'eau qu'elle suit jusqu'au pont de la Concorde. Sur le Cours la Reine, qui a 75 *m* de largeur, la ligne serait en tranchée à ciel ouvert, passerait place et avenue d'Iéna et gagnant par le boulevard Delessert la Seine, qu'elle franchit sur un pont biais près de la passerelle de Passy, vient se raccorder à la ligne des Moulineaux. Le parcours total serait de 9 110 *m* dont 3 416 *m* pour la galerie du bord de l'eau et 1 200 *m* pour cinq petits tunnels placés près du pont Sully, place de la Concorde, places de l'Alma et d'Iéna et sous le parc du Trocadéro.

IV. Station, Gare centrale. — Les stations seraient construites sur le modèle de celles du chemin de fer de Ceinture. Les quais à voyageurs seraient, comme au Métropolitain de Londres, au niveau du plancher des voitures.

La gare centrale, dont une partie des dessins d'avant-projet ont paru dans les *Comptes rendus de l'Association française pour l'avancement des sciences* il y a trois ans, serait située, ainsi qu'il a été dit, entre le Louvre et le Pont-Neuf.

Le principal bâtiment occuperait les deux lots de maisons limitées par le quai et la rue du Louvre, les rues du Pont-Neuf et des Prêtres-Saint-

Germain-l'Auxerrois. Un bâtiment similaire serait construit sur la Seine à l'emplacement du bateau des bains de la Samaritaine.

La ligne, venue en galerie à jour le long de la Seine, se subdiviserait dans la gare en un certain nombre de voies dont deux avec quai de 8 *m* seraient réservées au Métropolitain ; les quatre autres, avec leurs quais, bâtiments et dépendance, seraient exclusivement affectées au service des trains de grandes lignes.

V. Objections : Ponts et tunnels. — En ce qui concerne les ponts, M. P. Villain estime qu'il ne sera pas très difficile de reporter au delà du tunnel les poussées des culées qui, sur la rive droite, seraient ébranlées par le passage de ce tunnel. Encore faut-il remarquer que, sur quinze ponts rencontrés, neuf ont leur culée entièrement sur les bas ports, trois en partie sur le bas port et trois seulement en entier sous la chaussée.

Les neuf premiers ne soulèvent donc aucune difficulté. Ce sont les ponts Sully, Louis-Philippe, d'Arcole, des Beaux-Arts, du Carrousel, Solférino, des Invalides, de l'Alma et de Grenelle.

Quant aux six autres ponts qui sont le Pont-Marie, Pont Notre-Dame, Pont-au-Change, Pont-Neuf, Pont de la Concorde, Pont-Royal, l'objection ne résiste pas à l'examen.

Par suite, en effet, du tracé, le rail le plus rapproché du parement de la culée, en est à une distance qui nulle part n'est inférieure à 7,80 *m* ; le tunnel contournant la culée des ponts a une forme elliptique laissant partout une épaisseur de 5 *m* au moins à cette culée : si l'on tient compte, pour chacun des cas envisagés, des épaisseurs données par les formules de MM. Leveillé et Croizette des Noyers, on constate que partout il reste des épaisseurs plus que suffisantes et que, par suite, la galerie ne compromettra en rien la solidité des ouvrages existants.

Quant à l'éclairage de la galerie, M. Villain propose de rehausser, lors de la construction du tunnel, le terrain des quais aux endroits qui sont actuellement les plus bas.

On aurait ainsi une hauteur moyenne disponible pour l'éclairage variant de 3,70 *m* à 1,20. En cas d'insuffisance en certains points, il suffirait de reculer le mur de protection contre les eaux, de 1 à 2 *m* vers le bas port ; on obtiendrait ainsi un intervalle horizontal de 1.50 à 2,50 *m* dont la lumière reflétée par des plans inclinés à 45° viendrait s'ajouter à l'éclairage directement obtenu par l'ouverture de 1,20 *m*.

Toutefois il est juste d'ajouter que la galerie sera fréquemment interrompue par de petits tunnels à la traversée des ponts et à l'entrée des ports dont il faut naturellement conserver les accès. Mais l'ensemble de ces tunnels ne présente du Pont Sully à la Concorde qu'une longueur de 472 *m*.

2° *Egouts.* — Les quais sont parcourus, entre les Ponts Sully et de la Concorde, par le collecteur de la rive droite auquel vient se réunir le collecteur Sébastopol, sous la place du Châtelet. Cet égout pourrait, soit être reporté entre les maisons et la galerie du chemin de fer, soit, et ce serait préférable d'après M. Villain, reconstruit dans la rue de Rivoli en lui donnant alors des dimensions plus en rapport avec les besoins actuels. On aurait ainsi l'avantage de conserver le long de la ligne du chemin de fer un espace précieux permettant d'en dou-

bler plus tard les voies si, ce qui est probable, cela devenait nécessaire.

Quant aux déversoirs des égouts apportant à la Seine les eaux d'orage, ils restent à leurs niveaux actuels.

L'installation qui existe sous la place du Châtelet pour le désablement des eaux d'égout semble pouvoir aussi être conservée; et les bateaux qui actuellement emportent ces sables pourraient être remplacés par des wagons; il suffirait d'établir pour ces derniers une voie de garage.

Reste le collecteur de la rive gauche qui passe actuellement place de l'Alma.

Il suffirait de le reporter un peu en aval par la rue Desbrousses ou la rue Gaston-de-Saint-Paul pour lui permettre de passer à son niveau normal au-dessous du chemin de fer au moment où celui-ci s'est suffisamment relevé vers l'avenue du Trocadéro.

VI. Rôle de l'artère centrale. — M. P. Villain rappelle qu'au début de sa communication il a nettement montré que les courants principaux de la circulation tendaient tous vers le centre de Paris. Les omnibus, les tramways, par l'essence même de leur agent de traction, n'ont ni la force ni la vitesse nécessaire pour faire franchir à la masse sans cesse grandissante des voyageurs les longues distances qu'ils doivent chaque jour parcourir.

Mais avec la locomotive tout change. Grâce à la pénétration au cœur de Paris de la ligne ferrée, grâce à la vitesse qui pourra être obtenue au moyen de légères innovations dans le matériel, il suffira d'une demi-heure pour parcourir la distance du centre au point périphérique le plus éloigné.

Le chemin de fer de ceinture, coupé en son milieu par l'artère centrale longeant le fleuve, offrira à toute la population de la périphérie parisienne et aux agglomérations qui entourent la ville, telles que Clichy, Saint-Ouen, Aubervilliers, Pantin, etc., des facilités de locomotion beaucoup plus grandes que ne le fait la ligne d'Auteuil, par exemple pour les régions de Passy, Neuilly et Levallois-Perret, ligne dont le trafic est pourtant si important.

VII. Solution incomplète. — Il est à remarquer que la solution proposée n'est ni incomplète ni insuffisante.

Veut-on, croit-on possible et pratique de construire la ligne de la rue Réaumur et des boulevards? Veut-on prolonger le chemin de fer du Nord jusqu'aux Halles et à l'Opéra? La ligne des Moulineaux jusqu'à l'Esplanade des Invalides? La ligne de Sceaux jusqu'à la place Médicis ou jusqu'à Cluny?

Veut-on tracer la ligne nord-sud dont il a été tant de fois parlé, en franchissant la Seine soit en dessus, soit en dessous?

Préfère-t-on reporter l'effort des capitaux sur le projet de M. Haag ou sur le projet développé ici par M. Bourdon, ou sur tout autre de ceux dont il nous reste à entendre l'exposé?

Aucune de ces solutions n'est entravée par l'adoption de ce projet qui se concilie avec toutes les combinaisons que l'Etat ou la Ville peuvent vouloir adopter à un moment quelconque.

VIII. Métropolitains étrangers. — M. P. Villain examine ensuite ce qui s'est fait à Londres, à New-York et à Berlin.

En ce qui concerne le Métropolitain de cette dernière ville, il est facile de reconnaître une grande analogie entre ce chemin de fer et celui que propose M. P. Villain. A ce propos, il est bon de remarquer que notre chemin de fer de Ceinture qui circule au milieu de quartiers populeux et d'agglomérations extérieures considérables a transporté à peu près 20 millions de voyageurs l'année dernière. Celui de Berlin, qui parcourt des agglomérations à peine naissantes autour de la ville, et dont la population ne dépassait pas 120 000 habitants en 1880, mais qui les met en rapport avec le centre de la ville, ce chemin de fer a vu son mouvement passer en moins de dix ans de 4 à 41 millions de voyageurs.

Passant ensuite à l'examen des Métropolitains de Londres et de New-York, M. P. Villain donne des détails sur le nombre des voyageurs transportés, sur le nombre de trains, le nombre d'heures d'exploitation, etc., les frais de transport et les bénéfices.

A New-York, un voyageur coûte 0,17 *f* et paie 0,25 *f*. A Londres, au contraire, il coûte 0,202 *f* et ne paie que 0,178 *f*. La différence des 0,024 *f* nécessaires pour qu'il n'y ait pas de perte, ainsi que l'excédent qui peut être obtenu, ne provient que des produits accessoires, tels que location des terrains appartenant à la Compagnie à la suite des expropriations, redevance des autres Compagnies, etc. De telle sorte que si les actionnaires du Métropolitain reçoivent quand même 5 0/0 depuis quelques années, ce n'est pas le chemin de fer proprement dit qui leur donne ce bénéfice.

C'est un peu ce qui se passe pour la Compagnie des Omnibus de Paris où plus de la moitié des bénéfices provient des produits accessoires : redevances des entreprises concurrentes, vente de fumiers, recettes de publicité, etc. Un voyageur coûte aux Omnibus 0,181 *f* et rapporte 0,185 *f*.

A New-York la situation des actionnaires de l'*Elevated* est bien plus brillante. Le bénéfice en 1891 s'est élevé à près de 25 millions, ce qui représenterait environ 14 0/0 du capital dépensé.

IX. Dépenses et recettes. — M. P. Villain évalue à 50 millions la dépense de construction de l'artère centrale et de ses embranchements, y compris deux ponts sur la Seine, l'un à la hauteur de la gare d'Orléans, l'autre à la passerelle de Passy.

En ajoutant 10 millions pour le matériel et les installations de garages, magasins, etc., on obtient un chiffre de 60 millions.

La gare centrale, qui ne serait construite qu'après entente avec les Compagnies, n'est pas comprise dans ce chiffre.

Appliquant comme coefficient d'exploitation à la recette brute un chiffre moins avantageux que celui des lignes de Londres et New-York, soit 50 0/0 au lieu de 45 0/0, M. P. Villain dit que la recette procurée par 30 millions de voyageurs annuels, payant 0,15 *f* en seconde classe et 0,30 *f* en première, soit 6 millions environ de recette brute, serait suffisante pour attribuer au capital de premier établissement un revenu de 5 0/0, et ce sans tenir compte des recettes accessoires, telles que publicité, etc.

M. P. Villain examine ensuite la possibilité et les moyens d'arriver à ce chiffre de voyageurs.

Faisant remarquer que les deux demi-cercles nord et sud du chemin de fer de Ceinture forment l'équivalent de quatre lignes d'Auteuil, que les lignes de Vincennes et des Moulineaux en représentent deux autres, M. P. Villain conclut que le trafic sera sextuple de celui de la ligne d'Auteuil et que l'on peut compter non plus sur 3, mais sur 9 millions de bénéfices annuels. Toutefois, il est absolument nécessaire qu'il y ait accord complet, pour l'exploitation, avec la ligne de Ceinture et avec les lignes de Vincennes et des Moulineaux.

Examinant les questions de tarif et de recette, M. P. Villain admet que le prix kilométrique du train ressortira à 2 *f* (il n'est que de 1,92 *f* à New-York). La recette brute serait alors, pour les 25 *km* du parcours circulaire, de 100,80 *f*, et la recette nette de 50,80 *f*.

M. Villain examine ensuite la répartition et les horaires des trains, qu'il suppose de vingt-quatre par heure pendant seize heures, venant de directions diverses, et conclut à une recette brute annuelle de 14 millions, représentant 7 120 000 *f* de recette nette, chiffre dans lequel la part de bénéfice produit par l'artère centrale serait de 4 millions à peu près.

Si l'on tient compte du chiffre de la population, non pas seulement de Paris, mais aussi de la périphérie, on peut prévoir non plus 40 millions, mais 100 et 120 millions de voyageurs.

L'un des avantages du système de la solution souterraine, préconisée par M. Villain, est justement la possibilité de faire face à cette augmentation de trafic, ce qui semble plus difficile dans le projet présenté par M. Haag. Ce dernier disait lui-même, du reste, il y a quelques jours, que l'on se préoccupait à Berlin de la possibilité d'augmenter le nombre des voies existantes sur le Métropolitain.

Le viaduc aérien se prêterait difficilement à un remaniement et à une extension de ce genre, qui implique aussi nécessairement l'agrandissement des gares.

Les gares, c'est le problème du Métropolitain tout entier, et le projet de gare en sous-sol éclairé, tout au moins en tant qu'exploitation, semble devoir répondre à toutes les exigences d'un agrandissement ultérieur.

Quant à l'opinion émise de la nécessité de réunir entre elles les gares des grandes lignes, M. P. Villain croit qu'il y aurait plutôt inconvénient à agir ainsi, car on provoquerait certainement dans plusieurs d'entre elles un encombrement excessif. Il lui paraît préférable de raccorder entre eux les réseaux en évitant le plus possible et en contournant les gares.

L'important, en effet, pour un voyageur, n'est pas d'atteindre la gare Saint-Lazare, par exemple, ou la gare du Nord le plus rapidement possible, mais bien de gagner le réseau de l'Ouest ou celui du Nord et sur ce réseau la ligne et la station vers laquelle ce voyageur se dirige. L'idée d'une gare centrale permettant la réalisation de ce *desideratum* lui semble donc très juste.

M. P. Villain développe ensuite le projet et le tracé des lignes complémentaires de l'artère centrale, c'est-à-dire les lignes circulaires suivant les boulevards extérieurs : on forme ainsi deux anneaux qui, grâce à l'artère centrale, permettent à tous les courants de circulation d'arriver facilement au centre.

Revenant sur la question des frais d'exploitation kilométriques qu'il a évalués à 2 *f*, M. Villain fait remarquer que si, sur le chemin de fer de Ceinture, ces frais ont, pour le dernier exercice, atteint le chiffre de 5,44 *f*, c'est qu'il y a là diverses causes d'augmentation dont il y a lieu de ne pas tenir compte; ce sont notamment la participation léonine imposée pour les dépenses des gares communes et l'organisation défectueuse de certains services.

Le chiffre de 2 *f* semble corroboré par les résultats de Londres et de New-York, où les frais sont respectivement de 2,43 *f* et 1,92 *f*.

X. Intérêt de Paris. — M. P. Villain pense qu'au point de vue de son développement, Paris a intérêt à faire le Métropolitain. Les chemins de fer, en effet, loin de dépeupler les villes au profit des campagnes, sont sans contredit le principal facteur du développement extraordinaire des grandes agglomérations urbaines depuis cinquante ans. Nous sommes à la veille du jour où le mur des fortifications tombera, au moins entre le Point-du-Jour et Montmartre. C'est une zone de 12 à 14 *km* de longueur sur 250 à 300 *m* de largeur, représentant pour le moins 400 *ha* ou 4 millions de mètres carrés qui pourront très prochainement être livrés à la construction. En comptant seulement 200 *f* par mètre superficiel, c'est une perspective de 800 millions de travaux qui peut occuper pendant quinze ou vingt ans l'activité de Paris. Le Métropolitain assurerait, au jour prochain où, dit M. Villain, le mur des fortifications tombera du Point-du-Jour à Montmartre, une population certaine à toute cette région, dont la surface sera de bien près de 400 *ha*.

En outre, la gare centrale rendra la vie au Palais-Royal; la rue du Louvre et la rue de Rennes s'achèveront forcément; le Marais verra à son tour ses rues s'agrandir; la circulation y deviendra plus intense encore.

Ce sera une véritable transformation qui intéresse à un égal degré la rive droite et la rive gauche de la Seine.

XI. Antériorités. — « Il importerait assez peu, dit M. P. Villain, que la solution que je viens de développer fût ou non l'œuvre du plus modeste de vos collègues. » Il tient cependant à répondre à certaines contestations qui se sont produites.

On a cité les noms de John Mamby et de Duméry, qui, en 1856 et en 1866, avaient formulé le même projet. Or, il n'en est resté d'autre trace qu'un rapport de M. Alphand, du 19 mars 1866, duquel il ressort qu'il a bien été question alors d'établir un chemin de fer parallèle à la Seine, mais en le plaçant soit sur les berges du fleuve, soit *en tunnel* sous les quais. L'une et l'autre solution furent également écartées.

M. P. Villain dit qu'il n'est pas possible d'établir une analogie, une parenté quelconque, entre ce projet uniquement en tunnel et celui qu'il vient d'exposer.

Il termine enfin en remerciant de l'aide et des encouragements qu'il a trouvés auprès d'eux MM. F. Reymond, Jules Martin et Noblemaire.

M. Arsène Olivier demande à dire quelques mots :

Sans vouloir soulever une discussion, il croit cependant bon de rappeler que, dès 1854, il a émis l'idée d'un chemin de fer dans Paris. En

1863, puis en 1868, il publiait sur ce sujet deux brochures, dont la première fut approuvée par M. Alphand, et il prenait des brevets pour bien établir la date de sa proposition. Ces brochures furent répandues par lui à plusieurs milliers d'exemplaires. MM. Haag et Villain doivent certainement les connaître.

M. Olivier ajoute que son projet, qu'il appelait non pas « Chemin de fer Métropolitain », mais simplement « Chemin de fer dans Paris » lui valut, à cette époque, des critiques et des facéties de la part de la presse. Il regrette que, dans la discussion qui vient d'avoir lieu, l'un de ces messieurs n'ait pas songé à prononcer son nom, et il est désireux de rappeler qu'il est le promoteur de cette idée.

M. Vauthier a la parole et s'exprime ainsi :

Je ne viens présenter, en ce qui me concerne, aucune revendication personnelle. Je ne compte même pas m'occuper des tracés proprement dits du métropolitain parisien. Mon but est surtout d'opposer, en ce qui touche la conception d'un réseau urbain, quelques considérations générales à celles développées ici, l'autre jour, par M. Haag, et qui me paraissent complètement erronées, dans l'application qu'on pourrait vouloir en faire à la ville de Paris.

Toutefois, puisque c'est le projet de chemin de fer *transversal de pénétration et de jonction* de notre collègue, M. Bourdon, qui a provoqué la présente discussion, je ne puis me dispenser d'en dire quelques mots.

M. Bourdon s'est proposé de rattacher les gares d'Orléans et de l'Est par une grande voie aérienne, suivant dans presque tout son parcours le tracé du canal Saint-Martin, se rattachant, en passant, aux gares de Lyon et de Vincennes, et se soudant finalement à la gare du Nord.

Combien coûterait l'exécution de cette ligne de jonction d'environ 6 *km* de développement, raccordements compris ? M. Bourdon ne le dit pas. M. Haag en estimait, ici, l'autre jour, la dépense comme pouvant aller aux environs de 60 millions. Techniquement, sauf en quelques points facilement modifiables, le projet paraît ingénieusement conçu et bien étudié. Sa partie principale et caractéristique est une gare centrale établie au-dessus du canal Saint-Martin, entre l'avenue de la République et la rue du Faubourg-du-Temple. C'est cette gare qui est la raison d'être du projet. Mais à quoi servirait-elle, et la dépense faite serait-elle rémunérée par le service rendu ? Ce sont ces points surtout qui méritent d'être examinés.

En tant que ligne de jonction, on a déjà fait remarquer que celle-ci présente une singulière lacune. Elle ne laisse pas seulement hors de son action deux gares de la rive gauche, — dont le mouvement est relativement faible à la vérité ; — mais, ce qui est autrement grave, elle ne dessert pas la gare Saint-Lazare qui, à elle seule, représente plus de 40 0/0 du mouvement total en voyageurs expédiés et reçus par les gares parisiennes.

Voici, d'après la statistique municipale de 1890, la répartition, en millions de voyageurs, de ce mouvement annuel que, pour les besoins de ma discussion, je partage en voyageurs à *petit parcours*, ou de banlieue, et en voyageurs à *long parcours*.

GARES	VOYAGEURS A				ENSEMBLE	
	PETIT PARCOURS		LONG PARCOURS			
	millions		millions		millions	
Saint-Lazare	26,9		3,1		30,0	
Nord.	6,8		3,9		10,7	
Est	4,4		3,3		7,7	
Vincennes	12,5	27,9	0,0	10,1	12,5	38,0
Lyon	3,0		1,6		4,6	
Orléans	1,2		1,3		2,5	
Orsay	1,6		0,0		1,6	
Montparnasse.	2,9		1,5		4,4	
	59,3		14,7		74,0	

Ce tableau montre que, sur le mouvement total de 74 millions de voyageurs, dont 59,3 millions à petit parcours, et 14,7 millions à long parcours ayant les gares des grandes Compagnies pour point de provenance et de destination, le projet Bourdon n'en dessert que 38 millions, dont 27,9 millions de voyageurs de banlieue, et 10,1 millions de voyageurs à grande distance.

La ligne de jonction laisse donc en dehors de son orbite la moitié environ du mouvement total des gares de Paris. C'est là un vice grave: mais encore comment dessert-elle ce qu'elle conserve de ce mouvement?

Le vrai centre de gravité de la population parisienne, calculé en partant de celui bien facile à déterminer, de chacun des 80 quartiers, est exactement placé en un point bien connu : la pointe Saint-Eustache. C'est là le centre naturel de Paris pour tout ce qui se rapporte à la circulation urbaine. Comment se trouvent placées, par rapport à ce centre, la gare, dite centrale, de M. Bourdon et les gares auxquelles la ligne projetée se rattache? La gare centrale en est distante, à vol d'oiseau, de 1 760 *m* et les gares de l'Est et du Nord n'en sont respectivement éloignées que de 1 800 *m* et de 1 840 *m*; soient des suppléments de distance insignifiants de 40 *m* et de 80 *m*. Pour la gare de Vincennes, l'écart est un peu plus grand; il s'élève à 320 *m*, et les suppléments de distance ne prennent des valeurs appréciables qu'en ce qui touche les gares d'Orléans et de Lyon, pour lesquelles ils sont de 920 *m* et de 1 040 *m*, soit une moyenne au-dessous d'un kilomètre.

De cette façon, sur les 38 millions de voyageurs intéressés, il en est 18,4 millions (Nord et Est) pour lesquels, dans leurs relations avec Paris, la gare centrale ne présente, à aucun point de vue, nul avantage. Pour les 12,5 millions de voyageurs de la gare de Vincennes, ce n'est, à ce même point de vue, que sur une bien faible fraction de cette clientèle que pourraient exercer quelque influence les 300 *m* de rapprochement, compensés d'ailleurs, notons-le bien, par un parcours en plus de 2 *km* de chemin de fer, et un supplément de prix, quelque faible que puisse être ce dernier.

Restent les gares de Lyon et d'Orléans. Ici, nonobstant les inconvénients compensateurs signalés, le rapprochement de la gare centrale peut avoir un certain effet. Mais à quelle masse cet effet se rapporte-t-il ? A un total de 7,1 millions de voyageurs, dont 2,9 millions à long parcours, sur lesquels l'influence sera absolument nulle.

C'est donc seulement sur une fraction, faible probablement, des 4,2 millions de voyageurs à petit parcours de Lyon et d'Orléans, que l'attraction de la gare dite centrale pourra se produire. Ajoutons, pour la ligne elle-même, le faible contingent que pourraient lui fournir les voyageurs à long parcours transitant du groupe de gares de l'Est et du Nord à celles de Lyon et d'Orléans, et nous n'arriverons encore qu'à un mouvement de bien peu d'importance.

M. Haag admettait ici, l'autre jour, que ce mouvement pouvait s'élever à 15 millions de voyageurs. Cette conclusion nous paraît beaucoup trop favorable au nouveau projet. La ligne transversale, comme ligne de jonction, est fort incomplète, nous l'avons vu ; comme ligne de pénétration, elle ne répond nullement à cette qualification ; enfin, sa gare centrale n'est pas centrale du tout.

Cela me paraît en somme, quel que soit le mérite technique du projet, une conception mort-née. M. Haag a bien raison de placer beaucoup au-dessus, comme efficacité, son projet d'artère grandiose, reliant par des voies en viaduc les gares de Lyon et de l'Ouest (Saint-Lazare), se rattachant par des prolongements aux lignes d'Orléans, de Vincennes et du Nord, et dont il a plus tard complété le système par une jonction avec la gare Montparnasse et la ligne de l'Ouest (rive gauche).

M. Haag, lui, passe au vrai centre de Paris. Sa gare centrale, voisine des grands boulevards, serait située dans des conditions bien autrement favorables que celle de M. Bourdon. Mais à quel prix obtiendrait-il ce résultat? Et sa conception même est-elle en rapport avec les nécessités principales du mouvement de transport à desservir? Voilà ce qu'il importe d'examiner, et c'est ce que je me propose de faire. M. Haag est ici; je le vois. J'en suis enchanté. Cela me permettra d'être plus libre dans mes critiques, car, plein de considération pour l'auteur, je discorde absolument avec ses idées.

Il y a quelques années, en 1887, dans un mémoire que beaucoup d'entre vous connaissent, je résumais une étude sur la disposition la plus naturelle à adopter pour rattacher entre eux des centres de mouvement répartis sur tous les points d'une surface circonscrite donnée, par cette conclusion, dont la forme, peut-être un peu paradoxale, n'empêche pas la justesse : l'axe d'un Métropolitain doit être un circuit fermé. Pour M. Haag, cet axe est un tronc ; pour moi, c'est une courbe revenant sur elle-même. M. Haag n'exclut pas absolument les branches, nous l'avons vu. Je n'exclus pas davantage les transversales et les prolongements extérieurs. Mais enfin, fondamentalement, M. Haag est d'abord le diamètre; je suis la circonférence. De là notre dissidence. Elle est profonde. Qui est dans le vrai? M. Haag me paraît avoir abusivement généralisé un cas particulier pris au dehors. Je crois avoir puisé, pour Paris, mes conclusions dans la nature des choses. Examinons.

J'aperçois d'ici, sur le mur de la salle, un plan de Berlin. La forme

générale présente, en effet, une certaine ressemblance avec celle de Paris. C'est un ovale assez allongé, et c'est dans le sens du plus grand diamètre que s'étend, de l'est à l'ouest, avec quelques inflexions, la Stadtbahn, ou ligne métropolitaine. Le plan ne montre pas bien comment cette ligne transversale se rattache aux gares préexistantes ; mais cela est un fait, un fait spécial, tout spécial, qui nous est indiqué, que nous devons admettre. Sur ce point déjà, rien d'analogue n'existe à Paris, et le rattachement de toutes les gares existantes entre elles se présente sous une forme autrement compliquée. Mais poursuivons.

M. Haag nous assure qu'à Berlin l'intérêt stratégique n'a pas été prédominant. Ce qui est certain, c'est qu'il a été pour beaucoup dans la création de la *Stadtbahn*, tandis qu'à Paris cet intérêt a été déclaré absolument nul. Par ce côté encore, l'analogie fait défaut. Nous allons constater de bien autres différences.

Berlin, comme Paris, possède une ligne de ceinture. La nôtre a 42 *km* de développement. Celle de Berlin, d'après les chiffres de M. Haag, en aurait de 52 à 53. Avec les 12 *km* de la transversale, c'est un réseau de 65 *km*. Ce qu'a coûté la ligne de ceinture berlinoise nous importe peu. Mais la transversale, avec des opérations de voirie importantes quoique incomplètes, a coûté 85 millions, à très peu près 7 millions le kilomètre. L'ouvrage est un viaduc en maçonnerie dont quelques arcades sont utilisées. Cela est-il beau ? Tel n'a pas été l'avis d'une délégation du Conseil municipal, qui a visité spécialement Berlin il y a quelques années. Suivant cette délégation, importer à Paris ce lourd viaduc, ce serait faire à notre ville un triste cadeau. Nous pouvons en juger nous-mêmes par le viaduc d'Auteuil. C'est acceptable dans ce quartier excentrique. Cela ferait un singulier effet aux abords de l'Opéra.

Mais je n'insiste pas sur les considérations esthétiques qui se prêtent à de si étranges assertions. Je me reporte à des points plus sérieux et démontrables.

Le projet primitif de M. Haag ne s'étendait guère que sur la rive droite. Il ne franchissait la Seine que pour atteindre la gare d'Orléans. Dans ces conditions, y compris les jonctions du Nord et de Vincennes, c'était jusqu'aux points de rencontre avec les grandes gares, un réseau de 8,400 *km*, presque entièrement à ciel ouvert. Plus tard, par une jonction, en majeure partie souterraine, avec la gare Montparnasse, le réseau a pris une étendue de 11,700 *km;* puis est arrivé à 17,300 *km*, par une extension rattachant cette dernière gare à la Porte-Maillot. Enfin, des prolongements latéraux aux grandes lignes, presque exclusivement souterrains, dont quelques-uns, celui du Nord et de l'Ouest, rive gauche, notamment, s'étendent à l'extérieur de Paris, ont porté la longueur totale du réseau un peu au delà de 30 *km*.

Nous voilà bien loin de la Stadtbahn de Berlin. M. Haag, on le voit, ne néglige pas les prolongements ni les raccordements. Ces prolongements, dont il reconnaît la nécessité, il les fait comme tout le monde, presque exclusivement en contre-bas du sol, et, à mesure que ces appendices prennent de l'importance, il ressemble de plus en plus aux autres, et le coût moyen kilométrique de son réseau s'affaiblit. Mais ces appendices ne lui appartiennent pas en propre. Ce n'est pas là son système.

Ce qui caractérise celui-ci, c'est l'artère centrale à quatre voies de 5,600 *km* de longueur, magistralement ouverte à travers un large abatis de constructions, de la gare de Lyon à la gare Saint-Lazare, avec voies latérales et arcades inférieures, utilisables comme boutiques et logements.

C'est en cela que consiste la conception berlinoise importée à Paris. Tout au plus peut-on joindre à ce tronc principal les 2,800 *km* de branches de jonction avec Orléans, Vincennes et le Nord; développement, ensemble, 8,400 *km*.

Ces 8,400 *km* de voies ferrées intérieures rendraient certainement service à la circulation urbaine. Pour les jonctions civiles, de gare à gare, ce ne serait pas absolument sans utilité. Mais combien cela vaudrait-il?

Dans un devis estimatif de 1885, comprenant 30,075 *km*, M. Haag portait, *sans matériel roulant*, la dépense à 348 millions, dont, pour travaux, 88 millions seulement, et pour expropriations, 260 millions, dans lesquels 225 pour l'artère centrale seule, et 25 pour la jonction Nord. L'autre jour, il évaluait ici la dépense totale à 415 millions, dont, pour expropriations, 315 millions et 100 millions pour travaux. En décomposant ces derniers chiffres à l'aide du devis de 1885, on est conduit, au prorata : pour les 5,600 *km* de l'artère centrale, à une évaluation de 315 millions, et, pour les 8,400 *km* du réseau de grande jonction, à 360 millions. C'est, en divisant par les longueurs respectives : pour l'artère centrale, un coût de 56 millions le kilomètre; pour l'ensemble du réseau de grande jonction, un coût kilométrique de 43 millions.

Je ne discute pas ces chiffres. Dans le dernier, les travaux, faiblement évalués, entrent pour moins d'un sixième. Les achats d'immeubles composent donc la presque totalité de la dépense; et, quoi qu'on puisse dire du soin avec lequel les évaluations ont été établies, les expropriations seront toujours, avec les propriétaires, surtout avec les locataires tels qu'ils sont faits, le terrain classique de l'aléa. Je sais bien qu'il y a des bâtisseurs à outrance, qui, loin de s'effrayer de ces chiffres, ont félicité M. Haag de la large part faite par lui à la démolition, parce que cela devait entraîner 1 à 2 milliards de reconstructions. Mais, laissant les sottises de côté, nous voilà, avec nos 43 millions de coût kilométrique, bien loin de la Stadtbahn de Berlin avec son modeste coût de 7 millions. Nulle assimilation possible entre deux situations si profondément différentes. Pour un à Berlin nous avons six à Paris. Ce qui a été admissible aux bords de la Sprée devient absurde sur ceux de la Seine.

Sans remonter à Lutèce et à Jules César, si l'on eût songé au réseau de grande jonction lorsqu'était encore à peu près nu le sol sur lequel Paris est bâti, ce serait tout autre chose. Malheureusement, le chemin de fer n'était pas alors inventé! Les choses ont aujourd'hui changé. Il faut les prendre telles qu'elles sont; ne pas se forger de chimères, et ne pas, surtout, élever à la hauteur d'une nécessité, primant tout le reste, une jonction de gares qui existe déjà d'ailleurs, lorsqu'on peut compléter cette jonction dans des conditions satisfaisantes, à l'aide d'un réseau urbain sagement conçu, dont la dépense soit en rapport avec le rendement, et dont le principal objectif soit de desservir la circulation urbaine, qui constitue, en définitive, le gros intérêt de la question, ainsi qu'il est facile de le démontrer.

En quoi consiste cette circulation, celle notamment qui s'accomplit à l'aide de véhicules d'usage commun ? En 1890, d'après l'excellente statistique municipale, en élaguant, pour les omnibus et tramways et pour les bateaux de la Seine, les voyageurs *extra muros* et les doubles emplois provenant de la correspondance, voici quels étaient, en millions, les nombres de voyageurs distincts :

Omnibus et tramways de la grande Compagnie . .	161	millions.
Tramways des Compagnies Nord et Sud	32	—
Bateaux de la Seine.	20	—
Omnibus spéciaux des chemins de fer.	9	—
Lignes d'Auteuil, de Ceinture et de Vincennes *intra muros*.	36	—
Voitures de place.	50	—
Total du mouvement urbain par véhicules d'usage commun	308	millions.

Si on met à l'écart les lignes ferrées intérieures, les voitures de place, dont un réseau métropolitain quelconque ne modifiera pas beaucoup le service, et les omnibus spéciaux des chemins de fer, il reste 213 millions de voyageurs, dont certainement moins de 10 millions empruntent, pour aller aux grandes gares ou en revenir, les omnibus, les bateaux de la Seine ou les tramways. Dans ce qui est appelé à constituer la clientèle propre d'un réseau urbain quel qu'il soit, il n'y a donc pas une fraction de 1/20e que le service des grandes gares intéresse. Tout le reste, les 19/20e, ce sont des voyageurs de Paris pour Paris. Peut-on hésiter sur celui des deux groupes auquel il faille donner la préférence et dont il convienne de faire le principal objectif de ses combinaisons ?

Les facilités de transport vers les gares, les bons agencements pour l'échange des voyageurs augmenteront la clientèle spéciale de celles-ci. Je l'admets. Mais il en sera de même pour le reste ; et cette clientèle spéciale restera toujours un appoint assez faible dans le grand mouvement à desservir.

Pour celui-ci, que faut-il ?

L'autre jour, en passant, M. Haag a donné un coup de patte aux transports souterrains. C'est un peu vieux jeu. Nul ne préconise, en principe, la circulation souterraine. Le ciel ouvert vaut mieux, surtout pour la promenade, et s'il fait beau. Mais M. Haag lui-même n'hésite pas, dans ses prolongements, à recourir aux tunnels ; et, s'il attribue à ceux-ci une part d'influence dans la faiblesse relative des progrès des lignes métropolitaines de Londres, il constate, d'autre part, qu'une voie souterraine récente, qui circule à des profondeurs de 13 *m* à 20 *m*, jouit néanmoins d'une certaine faveur.

Laissons là les discussions oiseuses de l'aérien ou du souterrain. Il s'agit pour Paris, avant tout, de transporter des gens affairés, avec régularité, rapidité et précision. Soyons aériens autant que possible, là où de larges voies le permettent sans trop faire crier les riverains ; quand cela se peut, faisons de la tranchée ouverte ; enfin, résignons-nous au souterrain, lorsqu'il n'y a pas moyen de faire autrement, c'est-à-dire dans toute la partie riche et centrale de Paris. Il est fort remarquable que,

dans la lutte du plein air et du sous-sol, alors que nombre d'ingénieurs se font une sorte de religion du premier, les vrais intéressés ont une forte tendance à le proscrire. Lors des discussions intervenues au Conseil municipal, les oppositions au viaduc ont surgi de toutes parts, même de la part des riverains de voies aussi larges que le boulevard de l'Hôpital et autres anciens boulevards de la rive gauche. La tranchée ouverte, qui est le plein air, a eu le même sort ; et, dans la discussion la plus récente qui a eu lieu à l'Hôtel de Ville, à propos d'une ligne suivant les anciens boulevards extérieurs, rive droite, des Batignolles à la Chapelle, il a été formellement demandé et obtenu qu'au lieu de tranchée *ouverte* il fût dit tranchée *couverte*.

Il y a contre les tunnels la question de fumée et de vapeur. Elle est grave. Une puissante aération peut y pourvoir. Mais il y a mieux. Les machines à eau surchauffée, qui n'émettent pas de fumée, condensent leur vapeur. Enfin la traction électrique, si éminemment à sa place sur des voies ferrées urbaines, fait sa preuve chaque jour. Elle est entrée dans la pratique. Elle va bientôt fonctionner à Paris. On la conseille pour les grandes lignes. A elle seule, elle rend désormais sans objet toutes les appréhensions que de longs tunnels urbains suscitaient il y a quelques années.

Ces points établis, quel doit être à Paris le tracé d'un réseau intérieur ? Depuis vingt ans, un type s'est créé qui n'a que peu varié. Les études, en 1883, du Conseil municipal l'ont sanctionné ; et cette assemblée l'a plusieurs fois confirmé depuis, en tant que programme. Ce programme, en 1885, un ministre des Travaux publics l'a adopté. C'est une ligne enveloppante, une ceinture interne, allant, par les deux rives de la Seine, de l'Étoile aux gares de Lyon et d'Orléans ; cette circulaire fermée, complétée par une transversale réunissant, du nord au sud, la Ceinture rive droite à la Ceinture rive gauche, et n'excluant ni d'autres transversales intérieures, ni des prolongements extérieurs.

A ce type on a essayé, en 1886, de substituer une partie de la conception de M. Haag. Nonobstant des réductions et amoindrissements successifs, introduits par deux fois dans le projet initial, c'était encore très cher ; il y fallait des subventions, un concours des grandes Compagnies, et il y a eu échec devant le Parlement. Plus récemment, en sens inverse, tout en conservant la disposition type, on a essayé de faire de la grande circulaire une boucle minuscule n'allant que de la gare d'Orléans à la Madeleine. Il y a eu un *tolle* général ; le malencontreux projet est tombé à plat, et le type de 1883 et 1885 a été affirmé de nouveau.

Les lignes caractéristiques de cette première ossature, car ce que j'indique n'est pas autre chose, peuvent se prêter aux jonctions, même par rails, avec les gares des grandes Compagnies, et, le pouvant, ce serait une faute lourde de ne pas les y assujettir. Quelques-unes de ces Compagnies demandent aujourd'hui à porter plus près du centre des quais d'embarquement. Le réseau urbain, dans la forme type adoptée, peut encore s'adapter à ces prolongements maintenus entre certaines limites, tout en conservant son indépendance absolue, sa complète autonomie de direction technique, condition indispensable pour la sécurité d'exploitation d'une ligne à trains très multipliés.

Mais, d'autre part, cette ossature, pour son bon fonctionnement, en admettant même qu'elle doive se prêter, ce qui est possible, à l'intercalation entre les trains urbains de quelques trains des grandes lignes, exige-t-elle qu'on fasse pour sa construction appel à des combinaisons gigantesques ? Nullement. Autant il est facile, dans les proportions modestes d'une ligne à double voie, d'avoir une gare spéciale d'où partent et vers laquelle convergent un certain nombre de trains de banlieue, autant semble utopique, fût-il réalisable sans dépenses excessives, ce rêve de quelques esprits, tendant à la création d'une gare centrale à laquelle tout aboutit et d'où tout rayonne. Voit-on bien, partant d'un point unique ou y arrivant, les 74 millions de voyageurs qu'expédient ou reçoivent les gares de Paris ? Telle n'est pas la visée, dira-t-on. Mais alors, quoi ? et pourquoi faire ?

Les voyageurs de Paris pour Paris n'ont nul besoin d'une gare centrale. Les voyageurs de banlieue, pas davantage. Que reste-t-il donc ? les voyageurs à long parcours. Or, ces voyageurs-là sont le plus souvent munis de bagages. Pour convoyer ceux-ci à la gare centrale, ou à domicile, ils auront toujours besoin d'un véhicule spécial ; et, quand les bagages sont chargés, il importe assez peu que la voiture fasse quelques centaines de mètres de plus ou de moins. D'ailleurs, ces voyageurs à long parcours sont au nombre de 15 millions. Pas de grande gare de Paris qui expédie et reçoive le quart de ce chiffre. Une sélection s'impose, et, finalement, la gare centrale arrivera à ne servir que pour les voyageurs internationaux de haut vol, qui aiment à trouver de plain-pied avec le wagon, un de ces caravansérails cosmopolites comme Paris en possède déjà quelques-uns. Ces voyageurs spéciaux sont intéressants sans doute ; mais on ne peut pourtant pas tout leur sacrifier, et organiser le réseau urbain seulement en vue de ce service par trop onéreux.

Le réseau urbain ne doit pas, pour cela, négliger la clientèle que lui donnent les grandes lignes. Comment, d'après la nature de sa fonction propre, celle du transport des voyageurs sans bagages, doit-il s'y raccorder ? Sans exclure le raccordement par rails, toujours utile pour certains services, le plus naturel pour les voyageurs serait le simple contact, permettant l'échange de ligne à ligne moyennant un certain parcours, rendu commode autant que possible. Mais, selon les espèces, on peut faire plus et mieux, et avoir des gares du réseau urbain où l'échange avec les grandes lignes s'opère quai à quai.

Quoi qu'il en soit de ces points spéciaux, ce qu'il faut avant tout et par-dessus tout, c'est que la dépense ne sorte pas de certaines limites. Avec un tracé bien conçu, mettant le viaduc là où il est à sa place, usant de la tranchée quand on la tolère et du souterrain à défaut de pouvoir faire autrement, il est aujourd'hui pleinement constaté, par les études d'exécution les plus détaillées, qu'on peut encore, à condition d'épouser les grandes voies publiques, et de restreindre par là les expropriations à l'indispensable, sans courbes au-dessous de 150 *m* de rayon, sans excéder la pente de 20 *mm*, et en respectant toutes les substructions du sol de Paris, construire des voies ferrées urbaines, — munies d'un puissant matériel roulant, quarante fois plus considérable, au prorata de la longueur, que celui des grandes lignes, — dont le coût n'excède pas 4 ou 5 millions le kilomètre.

Ce sont là les limites sages dans lesquelles il faut se renfermer, si l'on ne veut tomber dans les subventions, les garanties d'intérêt et les concours des grandes Compagnies qui ont toujours, en compliquant le problème, été des obstacles dirimants à sa solution.

Par contre, faut-il compléter la démonstration? Faut-il prouver que, dans ces termes, on peut compter sur un trafic rémunérateur? Rien n'est plus facile. Un seul élément de comparaison suffit.

On citait l'autre jour, ici, cette sorte de miracle accompli par les bateaux de la Seine qui, grâce à un service régulier, de bas prix, relativement rapide, où il y a toujours ou presque toujours autant de places offertes qu'il en faut, ont créé, là où nul mouvement n'existait, à travers des quartiers presque tous de promenade, entre des quais bordés en majeure partie de monuments publics, une circulation intense. Et cependant que d'obstacles! Ce ne sont pas seulement les interruptions subites, non prévues, par les crues, les brouillards ou les glaces. Ce sont encore les difficultés, surtout la nuit, pour atteindre, sur des berges mal éclairées, les pontons d'embarquement ou les quitter.

Que sera, comparativement, un réseau urbain, si ce n'est une sorte de fleuve, ouvert à travers les quartiers les plus populeux, les plus industrieux et les plus riches, portant des wagons au lieu de bateaux, dont les stations ne desserviront pas seulement une rive, mais toutes les deux en même temps? Le service sera aussi régulier, plus fréquent, plus rapide, sans jamais de crues, de brouillards, ni de glaces. La circulation spécifique que développera le fleuve artificiel ne peut manquer d'être beaucoup plus forte que celle qu'a attirée à lui le fleuve naturel. Ce ne peut être l'objet d'un doute. Bornons-nous cependant à admettre l'égalité seulement.

Pour 12 *km* de développement, avec 12 *h* de service moyen effectif, les bateaux de la Seine reçoivent 20 millions de voyageurs. Pour 30 *km* de développement, avec 18 *h* de service quotidien, au simple prorata, c'est 75 millions de clients que recevront les wagons urbains.

Au péage moyen de 0,20 *f*, avec des frais d'exploitation de 50 0/0, cela suffit pour assurer au capital dépensé une rémunération de 5 0/0.

La réalité dépassera certainement beaucoup cette appréciation. Il en serait tout autrement si le capital fixé s'élevait à une quotité double ou triple de celle que nous avons admise.

J'aurais bien des points accessoires à élucider encore. Ce que j'ai dit me paraît suffisant pour expliquer la profonde différence d'orientation qui me sépare de M. Haag. Ai-je justifié cette dissidence? Ce n'est pas à moi qu'il appartient de le dire.

Je m'arrête, Messieurs. L'heure me presse. J'ai été long, je m'en excuse. Raison de plus pour que je remercie vivement la réunion de la bienveillante attention qu'elle a bien voulu me prêter.

Vu l'heure avancée et le nombre des orateurs encore inscrits pour parler sur cette question, les communications et observations de MM. Guerbigny, Francq, Chardon, etc., sont remises à la séance du 5 août prochain.

La séance est levée à 11 heures et demie.

DU ROLE DE L'INGÉNIEUR

DANS

LA QUESTION DU SAUVETAGE

PAR

M. E. CACHEUX

Le sauveteur, tel que nous le comprenons, a pour mission d'aller au secours des personnes dont la vie est en péril par suite de n'importe quelle cause et de chercher à diminuer le plus possible, au moyen des ressources dont la science dispose, le nombre des décès que l'on peut éviter.

Comme le nombre des morts accidentelles est en moyenne de 13 000 en France et que celui des blessures ou maladies dont on pourrait facilement supprimer les causes est de beaucoup plus considérable, il n'est pas nécessaire d'insister longuement pour démontrer l'utilité qu'il y aurait de mettre à la disposition des sauveteurs des procédés plus efficaces que ceux qu'ils emploient actuellement, pour prévenir les accidents ou pour venir en aide aux personnes qui en sont victimes. Après avoir étudié ce qui se fait chez nos voisins au point de vue du sauvetage, j'ai reconnu que nous étions loin d'être aussi avancés qu'eux sous ce rapport ; c'est pourquoi j'ai cherché à intéresser plusieurs de nos collègues à cette question ; j'ai eu le bonheur d'y réussir et, dès 1888, nous nous réunissions en congrès pour traiter les questions si intéressantes du sauvetage dans les inondations, dans les ateliers industriels, dans les mines, dans l'exploitation des chemins de fer et sur les voies publiques.

Depuis, nous avons repris ces questions dans les divers congrès que nous avons organisés et j'espère que mes collaborateurs voudront bien exposer devant vous le résultat de leurs recherches comme je vais le faire pour celles que j'ai faites au sujet de la statistique des accidents qui arrivent dans diverses professions. A

l'occasion du congrès des accidents du travail qui eut lieu en 1889, j'ai fait un important rapport dans lequel j'ai cherché à démontrer l'influence des machines, du sexe, de l'âge des ouvriers, du genre de travail auquel ils se livraient dans les usines, etc. Je renvoie les personnes que cette question intéresse au compte rendu de ce congrès dans lequel il est publié *in extenso* et je passe immédiatement à l'examen du tableau que j'ai fait avec l'aide des documents officiels qui m'ont été fournis par le bureau de statistique de Berlin.

Les observations sont relatives à 12 831 246 ouvriers appartenant à 37 professions. J'ai classé les industries en cherchant par 1 000 ouvriers le nombre des blessés par accident et en tenant compte de la durée de l'incapacité du travail qui en est résultée. D'après M. Octave Keller, Ingénieur en chef des Mines, une incapacité de travail temporaire équivaut en moyenne à une valeur de trente jours de travail; lorsque cette incapacité est permanente mais partielle, elle donne lieu à une indemnité de 1 700 journées de travail, et quand l'incapacité de travail est totale, elle représente 3 175 journées. La mort par accident n'est évaluée qu'à 1 051 journées. En admettant ces coefficients, on arrive à déterminer très approximativement la valeur des risques que présente une quelconque des branches de l'industrie allemande qui sont mentionnées dans le tableau ci-après.

La colonne 1 désigne le genre d'industrie exercé par les ouvriers syndiqués; la colonne 2, le nombre moyen des ouvriers assurés contre les accidents, sur lesquels on a fait des observations; la colonne 3, le nombre total des accidents qui ont lieu par 1 000 ouvriers; la colonne 4, la proportion par 1 000 ouvriers des accidents dont les victimes ont été reconnues susceptibles d'être indemnisées; les colonnes 5, 6 et 7, la proportion par 1 000 ouvriers des accidents qui ont donné lieu respectivement, à des incapacités de travail de trois semaines à six mois, à une incapacité de travail permanente partielle et à une incapacité de travail totale; la colonne 8 donne la proportion par 1 000 ouvriers des décès qui ont eu lieu à la suite des accidents.

Dans la colonne 8, j'ai classé les industries en cherchant, à l'aide des cofficients donnés par M. Keller, le nombre des journées de travail perdues par 1 000 ouvriers à la suite des accidents qui sont arrivés pendant l'année 1889 dans les diverses professions mentionnées.

Dans la colonne 10, j'ai fait le même classement pour les années 1887 et 1888.

D'après ce tableau, on voit que l'industrie des tabacs a été, en 1889, la moins dangereuse, car un ouvrier ne perd en moyenne que 0,750 journée de travail par suite des accidents qui arrivent pendant l'exercice de sa profession. Cette proportion était plus considérable en 1887 et en 1888, contrairement à ce qui s'est passé en 1889 dans la plus grande partie des professions, car l'on y a constaté un accroissement considérable dans le nombre des accidents donnant lieu à des incapacités de travail permanentes. En Allemagne, on a fait beaucoup d'efforts pour diminuer le nombre des accidents. Les inspecteurs du travail examinent soigneusement si les ouvriers sont dans de bonnes conditions au point de vue de l'espace, de l'éclairage, du chauffage, de la ventilation et ils veillent à ce que les machines soient pourvues de tous les appareils de protection dont la pratique a démontré les bons effets. Si l'on constate un accroissement dans le nombre des accidents, c'est que probablement, au début du fonctionnement de la loi, les accidents n'étaient pas tous déclarés ou que les ouvriers blessés abusent aujourd'hui un peu de leur situation.

Si nous examinons les chiffres fournis par des observations faites sur un grand nombre d'ouvriers, nous constatons que l'ordre dans lequel les industries ont été classées ne varie pas beaucoup. Néanmoins on ne peut pas, à l'aide des données fournies par trois années d'observations, établir un classement parfait ; c'est pourquoi je crois qu'il serait intéressant de noter soigneusement dans les usines tous les accidents qui y arrivent, en tenant compte de la nature des machines qui les produisent et des diverses conditions dans lesquelles se trouvaient les victimes, de façon à pouvoir constater chaque année les progrès réalisés au point de vue de la sécurité du travail. C'est de cette façon que procèdent les industriels en Allemagne, en Autriche, en Angleterre et en Suisse, car les rapports des inspecteurs officiels du travail ne donnent pas la proportion par *1 000* des accidents qui arrivent dans les diverses industries.

Je crois que la Société des Ingénieurs civils pourrait entreprendre avec succès une enquête de ce genre, car beaucoup d'industriels français relèvent avec soin le nombre des accidents qui arrivent dans leurs ateliers.

Ainsi MM. Solvay et Cie, fabricants de produits chimiques, m'ont fourni des documents relatifs aux accidents arrivés à leurs ou-

vriers pendant une période de plusieurs années, et j'ai pu établir, à l'aide d'observations faites sur 12 000 ouvriers, qu'il suffirait d'une cotisation d'une valeur équivalente à celle de trois journées de travail pour garantir chaque travailleur contre les effets des accidents qui peuvent lui arriver pendant l'année.

Les accidents que l'on constate dans les ateliers des Forges et Chantiers de la Méditerranée peuvent être évalués par homme à 4,7 journées de son travail.

Si l'on compare ces chiffres à ceux fournis par les industries similaires allemandes, on voit qu'ils sont sensiblement inférieurs, car chez nos voisins ils s'élèvent pour l'industrie des produits chimiques, à dix journées, et à neuf journées pour celle de la construction des machines. Il est vrai qu'en Allemagne on considère comme accidents du travail les maladies produites par des professions insalubres ; mais, tout en tenant compte de cette observation, nous croyons que dans nos usines l'ouvrier travaille avec plus de sécurité que dans celles de l'autre côté du Rhin.

En France, beaucoup d'industriels assurent leurs ouvriers contre les accidents du travail. Les primes qu'ils paient à cet effet représentent le double des sommes qui sont allouées aux victimes d'accidents ; par suite, les ouvriers de beaucoup de grands industriels auront intérêt à se passer du concours des Sociétés d'assurances.

Si l'on examine le tableau que j'ai dressé, on voit qu'il suffirait dans beaucoup de professions de relever légèrement les cotisations payées par les membres des Sociétés de secours mutuels pour pouvoir les garantir contre les effets des accidents du travail.

Dans beaucoup d'industries, les accidents sont fort peu nombreux ; ainsi chez M. Fanien, à Lillers, qui occupe près de 1 200 ouvriers à la fabrication des chaussures, il n'y a eu pendant vingt-cinq ans que deux accidents qui aient donné lieu au paiement d'une indemnité.

Les chambres syndicales du bâtiment ont organisé un service d'assurances qui, moyennant une prime de 18 *f* par an et par tête pour la plus dangereuse, l'industrie du bâtiment, garantit aux ouvriers des patrons syndiqués les mêmes avantages qu'une compagnie d'assurances qui demande une prime double.

Avant de terminer cette communication, permettez-moi de citer encore M. Seguin, directeur de l'usine à gaz du Mans, qui a orga-

nisé dans cet établissement une compagnie de pompiers et un poste de secours. Depuis l'organisation de ces services, les pompiers ont concouru à l'extinction de 177 incendies et le poste de secours a donné des soins à 31 personnes. Il est bien évident que dans des usines où il y a de pareilles installations, la prime d'assurances doit être moins élevée que dans celles où l'on n'a pris aucune disposition pour éteindre rapidement un incendie ou pour porter secours à un ouvrier victime d'accident.

Parmi les personnes secourues au Mans, on cite sept ouvriers asphyxiés qui, sans la prompte intervention du gardien du poste de secours, n'auraient pu être rappelés à la vie.

Je crois avoir démontré l'utilité qu'il y aurait pour les Ingénieurs à s'occuper de la sécurité du travail dans leurs usines. Dans une autre communication, je parlerai des engins que l'on emploie en France et à l'étranger pour venir en aide aux personnes en danger de se noyer ou exposées à périr par le feu.

DÉSIGNATION des SYNDICATS	NOMBRE MOYEN des ouvriers assurés	SUR 1.000 OUVRIERS ASSURÉS					DÉCÈS par 1.000
		NOMBRE total des accidents	ACCIDENTS par 1.000 donnant lieu à indemnités	CAS D'INCAPACITÉ			
				Temporaire de 3 semaines à 6 mois	PERMANENTE		
					Partielle	Totale	
1	2	3	4	5	6	7	8
1 Mines	375.000	72,02	8,43	0,88	3,65	1,72	2,17
2 Carrières	231.250	16,18	4,28	0,59	2,54	0,28	0,85
3 Mécanique de précision	51.929	19,05	2,50	0,19	2,04	0,21	0,08
4 Usines à fer et aciéries (7 syndicats)	463.021	72,21	6,56	0,92	3,99	0,53	0,55
5 Construction des machines (Westphalie)	81.900	53,87	6,58	1,13	4,74	0,24	0,44
6 Métaux (2 syndicats)	94.037	12,81	2,25	0,24	1,40	0,07	0,07
7 Instruments de musique	22.166	9,56	1,85	0,13	1,63	0,04	0,04
8 Industrie du verre	50.573	14,38	1,98	0,29	1,43	0,06	0,18
9 Chaudronnerie	55.722	8,16	1,36	0,21	0,75	0,22	0,16
10 Tuilerie	232.742	8,69	2,22	0,31	1,13	0,39	0,37
11 Produits chimiques	91.446	43,22	5,61	0,29	3,44	1,03	0,87
12 Industrie du gaz et de l'eau	23.312	39,85	4,65	0,82	2,87	0,48	0,49
13 Industrie du lin	38.635	13,05	3,03	0,16	2,72	0,05	0,07
14 Industrie textile	552.801	11,33	2,33	0,34	1,74	0,08	0,17
15 Industrie de la soie	40.699	4,84	1,35	0,05	1,22	»	0,07
16 Industrie du papier	55.218	31,28	6,59	0,94	4,42	0,31	0,94
17 Industrie du cuir	45.491	15,21	3,14	0,27	2,27	0,18	0,47
18 Industrie du bois	201.605	26,97	6,27	0,76	4,84	0,34	0,49
19 Meunerie	86.913	26,73	7,48	1,19	4,85	0,34	0,97
20 Substances alimentaires	49.622	18,34	4,57	0,25	4,00	0,10	0,20
21 Industrie du sucre	97.151	21,06	3,34	0,43	2,20	0,26	0,44
22 Distillerie	42.381	16,50	4,62	0,73	3,14	0,31	0,47
23 Brasserie et malterie	67.133	65,64	10,68	1,15	5,85	2,33	1,37
24 Tabac	98.280	2,27	0,44	0,03	0,31	0,06	0,03
25 Vêtement	99.599	6,42	1,03	»	0,85	0,14	0,04
26 Fumisterie	5.869	14,90	3,07	2,20	0,20	0,20	1,00
27 Bâtiment	920.135	22,66	4,67	1,12	1,77	0,66	0,79
28 Papier (cartonnage)	59.681	8,41	1,39	3,16	0,97	0,06	0,03
29 Chemins de fer privés	28.804	36,31	4,65	0,86	2,31	0,21	1.28
30 Tramways	34.499	23,77	1,42	0,25	0,79	0,23	0,17
31 Camionnage	68.218	43,36	9,51	2,79	5,19	0,19	1,37
32 Transport des voyageurs	64.690	32,73	10,16	1,87	4,84	1,40	2,02
33 Navigation fluviale	53.221	39,91	5,44	0,60	2,09	0,59	2,13
34 Navigation maritime	40.400	33,47	4,38	0,35	1,42	0,07	2,57
35 Tiefbau (Travaux de sondage)	164.025	18,89	6,04	2,44	2,61	0,13	0,85
36 Agriculture	8.088.698	2,43	0,82	0,26	0,36	0,04	0,17
MOYENNE des 35 Syndicats	4.742.548	29,42	4,71	0,81	2,69	0,49	0,71

RÉSULTATS DE L'ANNÉE 1889			MOYENNES DES ANNÉES 1887 ET 1888		
	9	JOURNÉES de travail		10	JOURNÉES de travail
1	Industrie des tabacs . .	750	1	Soie.	1.123
2	Agriculture	918	2	Tabac.	1.157
3	Vêtement	1.933	3	Vêtement	1.384
4	Papier (Cartonnage) . .	1.961	4	Imprimerie	1.521
5	Fumisterie.	2.040	5	Papier (Cartonnage) . .	2.173
6	Chaudronnerie.	2.145	6	Verrerie.	2.280
7	Soie.	2.145	7	Chaudronnerie.	2.448
8	Tramways.	2.256	8	Métaux	2.869
9	Métaux	2.674	9	Quincaillerie.	2.966
10	Instruments de musique	2.942	10	Industrie textile	3.080
11	Industrie textile	3.394	11	Instruments de musique	3.694
12	Quincaillerie.	3.468	12	Tuilerie.	3.732
13	Tuilerie.	3.548	13	Sucrerie.	3.845
14	Verrerie.	4.539	14	Cuir	4.016
15	Industrie du cuir. . . .	4.913	15	Fumisterie.	4.286
16	Industrie du lin	4.920	16	Lin.	4.812
17	Sucrerie.	5.165	17	Distillerie	4.876
18	Navigation maritime . .	5.218	18	Tramways.	4.956
19	Carrières	5.241	19	Substances alimentaires.	5.234
20	Sondages (Tief bau) . .	5.775	20	Appareils à gaz et à eau	5.423
21	Chemins de fer privés.	5.903	21	Navigation fluviale. . .	6.178
22	Industrie du bâtiment .	5.941	22	Carrières.	6.373
23	Distillerie	6.822	23	Chemins de fer privés .	6.725
24	Gaz et eau.	6.929	24	Construction de machines	7.106
25	Substances alimentaires.	7.327	25	Usines à fer.	7.272
26	Navigation fluviale. . .	7.589	26	Bâtiment	8.603
27	Usines à fer, aciéries. .	9.056	27	Industrie du bois . . .	8.967
28	Industrie du papier . .	9.474	28	Produits chimiques. . .	9.002
29	Construction de machines	9.605	29	Fabrication du papier .	10.296
30	Industrie du bois. . . .	9.828	30	Meunerie	10.759
31	Industrie des produits chimiques.	10.022	31	Transport des voyageurs	11.759
32	Industrie de la meunerie	10.339	32	Camionnage	11.611
33	Camionnage	10.862	33	Mines.	12.148
34	Transport des voyageurs	13.788	34	Brasserie	14.869
35	Industrie des mines . .	14.144			
36	Brasserie, malterie. . .	18 805			
	MOYENNE	6.875			

PLAN INCLINÉ

POUR

TRANSBORDEMENT DE BATEAUX

à Beauval près Meaux

NOTICE DESCRIPTIVE

PAR

M. A. MALLET

Il y a déjà longtemps qu'on a cherché à substituer à l'écluse classique introduite en France par Léonard de Vinci des appareils se prêtant plus facilement à franchir de grandes différences de niveau et dépensant moins d'eau. Cette question est revenue à l'ordre du jour depuis quelques années et a été l'objet d'importantes discussions au sein de notre Société.

Les appareils auxquels nous faisons allusion peuvent tous se rattacher à deux classes bien distinctes : ceux qui opèrent par ascension verticale, ce sont les élévateurs proprement dits, et ceux qui franchissent la différence de niveau par un plan incliné. Les premiers sont plus récents relativement, mais ils ont donné lieu à des applications grandioses ; tout le monde connaît les magnifiques installations des Fontinettes et de la Louvière.

C'est sur un appareil de la seconde catégorie que nous désirons appeler l'attention de nos collègues. C'est une installation bien modeste, mais qui a à la fois le mérite, peu commun dans l'espèce, d'être entièrement due à l'initiative privée et l'avantage très appréciable de se trouver presque aux portes de Paris. Voici les circonstances qui ont amené son établissement :

La ville de Meaux est desservie par deux voies navigables importantes, le canal de l'Ourcq et la Marne, qui la mettent en communication, l'un avec Paris, l'autre avec Paris également et tout le réseau de la navigation intérieure. Ces deux voies sont à une faible distance l'une de l'autre sur une très grande longueur, mais n'y ont pas de communication directe entre elles. Il en résulte certains inconvénients pour la batellerie, puisque pour faire passer à Meaux un bateau du canal sur la Marne il faudrait le conduire à Paris, lui faire descendre le canal Saint-Martin, puis remonter la Seine jusqu'à Charenton et ensuite la Marne, total plus de 100 *km* pour une distance réelle de moins d'un kilomètre. Un entrepreneur de transports par eau, homme de progrès et d'initiative, M. Jules Fournier, résidant à Meaux, se préoccupait depuis longtemps de cette difficulté qui le gênait personnellement pour ses opérations et cherchait les moyens d'y remédier.

L'endroit qui lui parut le plus convenable pour réaliser une jonction entre le canal et la Marne est à l'endroit dit Beauval, en amont de Meaux et immédiatement au-dessous du barrage des Basses-Fermes. La distance des deux cours d'eau y est de 550 *m* environ. La cote du niveau du canal est de 57,50 *m* et celle de la retenue du barrage de 45,33 *m*, ce qui donne une différence de niveau à franchir de 12,17 *m*. Avec le système d'écluses ordinaires, il aurait fallu accoler quatre ou cinq de ces ouvrages, ce qui aurait nécessité une dépense considérable hors de toute proportion avec l'importance du but à remplir; d'ailleurs l'emploi d'écluses eût nécessité une prise d'eau sur le canal, laquelle eût été impossible à obtenir. Il fallait donc chercher une autre solution. Celle qui se présentait immédiatement était l'établissement d'un plan incliné suivant la pente naturelle du terrain.

Les bateaux qu'il s'agissait de transborder ont les dimensions suivantes : 28 *m* de longueur, 3,10 *m* de largeur, 1,20 *m* de creux. Le poids à vide est de 16 *t* environ et le poids avec chargement complet de 70 à 75 *t*.

Le principe du projet qui fut adopté, et dont la partie mécanique a été exécutée par nos collègues MM. Sautter et Lemonnier, constructeurs de machines à Paris, consiste à établir à chaque extrémité un bassin en communication directe avec le cours d'eau et à relier ces deux bassins par une voie à double pente formée de rails sur lesquels roule un chariot; ce chariot est amené dans le bassin et le bateau est échoué dessus. Le chariot est déplacé ensuite sur la voie ferrée au moyen du mou-

vement communiqué à un appareil de fraction dont il est muni par un cable télodynamique actionné par une turbine placée au bas du plan incliné. C'est le principe du locomoteur bien connu de notre collègue M. Agudio, appliqué au chemin de fer de la Superga. La figure 1 représente la disposition générale de l'installation. Le bassin du bas, qui a 35 *m* sur 66, est relié à la Marne par une dérivation de 373 *m* de longueur aboutissant en amont du barrage des Basses-Fermes (pour éviter d'augmenter de la chute de ce barrage, soit 1,60 *m* environ, la différence de niveau à franchir). Cette dérivation a 11,90 *m* de largeur au niveau d'eau, 7 *m* au plafond et 2,20 *m* de tirant d'eau.

Le bâtiment des turbines est situé au bord de la Marne, derrière le chemin de halage ; la chute est celle même du barrage, étant produite entre le bassin communiquant avec l'amont de celui-ci et la rivière en aval du barrage. Il y a de la place pour six turbines, mais une seule est montée actuellement et suffit à la mise en mouvement du transbordeur. Le plan incliné aboutit à la partie supérieure à un bassin constitué par un élargissement du canal à cet endroit.

Le principe de l'installation une fois compris, nous allons décrire celle-ci d'une manière un peu détaillée. Elle comprend la partie fixe ou la voie et la partie mobile ou chariot. Il serait plus logique de commencer par la première, mais comme ses dispositions sont commandées par celles du chariot, nous croyons devoir décrire d'abord ce dernier.

Le chariot qui reçoit les bateaux *(fig. 2 et 3, Pl. 60)* est en tôle; il a 24 *m* de longueur et est composé de deux poutres en tôle et cornières réunies par des entretoises de même nature. Sa partie supérieure est formée d'un plancher en bois sur lequel repose le bateau qui, ayant 28 *m* de longueur, dépasse de 2 *m* à chaque extrémité; vu le mode de construction de ces bateaux, cela n'a aucun inconvénient. Le chariot repose sur deux trucs ayant chacun deux essieux écartés de 2 *m* d'axe en axe. Ces essieux portent des roues d'une disposition particulière sur laquelle nous reviendrons.

Au milieu de la longueur du chariot s'élèvent de chaque côté des montants verticaux réunis par des traverses et appuyés par des contre-fiches.

Sur un des côtés cette charpente porte à la partie supérieure une poulie à gorge de 1,80 *m* de diamètre sur laquelle passe le câble télodynamique forcé par deux autres poulies de 1,20 *m* d'embrasser une portion un peu supérieure à la moitié de la circonfé-

rence. Le câble oblige donc la poulie à tourner lorsqu'il est lui-même en mouvement, et cela malgré le déplacement du chariot sur le plan incliné.

L'axe de la poulie communique le mouvement à des roues d'angle qui le transmettent par un arbre vertical et divers intermédiaires représentés sur la figure 3 à une noix placée sous le chariot, laquelle déterminait le halage du chariot sur une chaîne fixe à la manière des toueurs qu'on voit fonctionner sur la Seine. Ce mode de propulsion indiqué sur les figures 2 et 3, qui donnait lieu à de grandes difficultés, a été remplacé, comme on le verra plus loin, par une autre disposition.

La transmission établie à la partie supérieure comprend deux roues d'angle avec un double embrayage sous le contrôle du conducteur de la machine qui est placé sur une passerelle de sorte qu'il peut faire marcher le chariot dans un sens ou dans l'autre ou l'arrêter entièrement sans que le câble télodynamique cesse de courir dans le même sens, c'est-à-dire sans qu'il soit besoin de modifier la marche de la turbine motrice.

Les roues sur lesquelles repose le chariot ont 1,14 *m* de diamètre au contact; elles ont une forme particulière caractérisée par un double cercle de roulement formé de bandages en acier rapportés. Cette disposition a été adoptée pour résoudre une des grandes difficultés présentées par la solution dont nous nous occupons, solution dont le principe est très simple, mais dont la réalisation exige l'emploi de combinaisons ingénieuses.

L'obligation de ne point établir de communication directe entre l'eau des deux biefs nécessitait une double pente avec faîte entre les deux; on ne pouvait donc pas employer un chariot dont le plancher resterait toujours horizontal malgré la pente. D'autre part ce plancher devait l'être nécessairement dans les bassins pour pouvoir recevoir le bateau et il devait s'élever parallèlement à lui-même jusqu'à ce que le bateau fût hors de l'eau. Il y avait là une difficulté qui a été résolue d'une manière simple et élégante par l'emploi des roues à double cercle de roulement circulant à un moment donné sur des voies distinctes, système déjà appliqué avec quelques différences de détail sur les plans inclinés de l'Oberland prussien établis de 1844 à 1860 (voir la *Notice sur les élévateurs et plans inclinés pour bateaux*, par M. Hirsch). Pour achever de faire comprendre comment cet effet se produit, nous allons procéder maintenant à la description de la partie fixe de l'installation.

Les rails sur lesquels roule le chariot sont du type Vignole (Nord); ils ont 0,130 *m* de hauteur et autant de largeur de patin; ils pèsent environ 42 *kg* le mètre courant et sont en acier, l'écartement normal est de 1,94 *m* d'axe en axe. Ces rails sont éclissés et posés à la manière ordinaire avec des crampons sur des traverses noyées dans le ballast sur la voie courante; dans les biefs ils sont fixés sur des longrines reposant sur des pieux fichés dans le terrain ou sur des murettes en maçonnerie. Les traverses sont très fortes et très rapprochées, à cause de la charge considérable que supporte la voie, près de 14 *t* par roue, pour le chariot portant un bateau plein.

Supposons le chariot dans le bief du bas, c'est-à-dire celui qui communique avec la Marne. Les roues du truck avant portent sur la voie courante, à l'écartement de 1,94 *m* par leur cerle de roulement intérieur. Les roues du truck arrière reposent par leur cercle intérieur également sur une voie spéciale à l'écartement de 1,50 *m* d'axe en axe, et la distance des cercles de roulement intérieur et extérieur est calculée de manière que ces roues du truck arrière reposent plus loin sur la voie normale par leur cercle extérieur. (Voir *fig. 5, 6 et 7.*)

La voie spéciale dont il vient d'être question est inclinée à 4 0/0 *(fig. 4)* jusqu'à une distance qui correspond à l'émersion complète du bateau; la voie normale a la même inclinaison, de sorte que le bateau sortira de l'eau parallèlement à lui-même et à l'horizontale. A l'extrémité de la voie spéciale à l'écartement de 1,50 *m*, les cercles extérieurs des roues du truck arrière viennent porter sur les rails de la voie courante et le chariot roule complètement sur celle-ci dont la pente est de 4 0/0 jusqu'au point culminant.

Pour la descente dans le bassin supérieur, les choses se passent d'une manière analogue mais inverse.

Le truck avant roule sur la voie normale par le cercle intérieur de ses roues; les cercles extérieurs rencontrent alors les rails d'une voie spéciale à l'écartement de 2,40 *m* et descendent à raison de 6 0/0; tandis que le truck arrière continue à rouler sur la voie courante qui prend la même inclinaison de 6 0/0. Le bateau plonge donc dans le bassin en restant horizontal jusqu'à ce qu'il soit à flot.

Nous pensons que ces détails sont suffisants pour faire bien comprendre l'installation du transbordeur et son mode de fonctionnement. Il nous reste à dire quelques mots du système de traction employé.

La propulsion par l'adhérence seule des roues, admissible théoriquement puisque le poids même de l'appareil aurait servi à l'adhérence sur les rails, aurait exigé la commande de toutes les roues du chariot, ce qui eût présenté une grande complication. On a trouvé plus simple de transmettre le mouvement à une noix à empreintes engrenant avec une chaîne amarrée à l'extrémité supérieure du plan incliné et reposant sur le sol entre les rails. Cette chaîne à maillons en fer de 26,5 *mm* de diamètre et du poids de 13,5 *kg* le mètre courant a donné lieu à beaucoup de difficultés. La chaîne éprouvait des vibrations violentes, elle se tendait et se détendait et le chariot n'avançait que par secousses, la noix s'usait rapidement et la chaîne échappait des empreintes; enfin la chaîne éprouvait des ruptures, de sorte que, par suite d'avaries fréquentes, le transbordeur ne fonctionnait que par intermittence et que le propriétaire, pour ne pas s'exposer à des responsabilités envers le public, ne se servait de l'installation que pour ses propres bateaux et seulement vides.

En 1888, lassé de ces difficultés et après avoir consulté M. Riggenbach, le promoteur des chemins de fer à crémaillère, M. Fournier résolut de remplacer la chaîne par une crémaillère placée entre les rails et dans laquelle engrènerait une roue dentée portée par le chariot et commandée par la transmission de celui-ci. La substitution de la roue dentée à la noix de la chaîne put être faite sans trop de difficultés. La roue a 0,828 *m* de diamètre et 26 dents de 100 *mm* de pas et 100 *mm* de largeur de denture ; elle engrène avec un pignon de 11 dents actionné par la transmission. Les roues sont en acier avec les dentures taillées dans la masse; elles ont été fournies par le Creusot, ainsi que la crémaillère à échelles du type Riggenbach. Celle-ci *(fig. 8)* est formée, comme on sait, de deux fers à rebords avec dents à section trapézoïdale rivées à l'extérieur des fers. Elle est au pas de 100 *mm* et pèse 50 *kg* environ par mètre courant. Cette crémaillère est fixée sur les traverses des rails pour la voie courante et sur des murettes en maçonnerie dans les biefs (voir *fig. 5*). Le fonctionnement est, depuis l'installation de la crémaillère, absolument satisfaisant.

Le câble moteur a 12,5 *mm* de diamètre, sa longueur est de 1 000 *m* environ ; il repose par ses deux brins sur des poulies dites *galopins* portées par des poteaux le long de la voie, comme on le voit sur la figure 3.

Ce câble est animé normalement d'une vitesse de 15 *m* par se-

conde, ce qui correspond à un avancement de 0,25 *m* pour le chariot dans le même temps.

Le chariot pèse environ 35 *t;* en supposant le bateau chargé, le poids maximum est de 75 + 35 = 110 *t* qui sur la pente normale de 4 0/0 (exactement 3,93), représente un effort de traction de 110 × (40 + 5) = 4950 *kg*. Cet effort correspond à la vitesse de 0,25 *m* par seconde à un travail de 4950 × 0,25 = 1 237 *kgm* ou 16,5 *ch*. On doit faire remarquer que, sur la rampe de 6 0/0 au sortir du bassin supérieur, l'effort est plus considérable ; mais a cause de la sous-pression exercée par l'eau sur le chariot et sur la carène du bateau, il ne l'est que dans une partie insignifiante du parcours, le travail s'élèverait alors au maximum à près de 25 *ch*. La turbine peut fournir notablement plus que ce qui est nécessaire, même en tenant compte des frottements et résistances diverses. A la vitesse de 0,25 *m*, le parcours total de 450 *m* serait effectué en 30 minutes ; mais, en pratique, il faut compter 35 à 40 minutes, surtout à la montée. Comme il n'y a aux extrémités pas d'autres manœuvres à faire que de pousser le bateau sur ou hors du chariot, on conçoit qu'on puisse effectuer un voyage double en une heure un quart environ.

La pente est assez faible pour qu'on n'ait pas à craindre de voir le chariot entraîné à la descente ; on a néanmoins cru prudent de disposer sur les roues des freins qui sont serrés par l'entremise d'un modérateur à force centrifuge, si la vitesse venait à dépasser une certaine limite.

Le câble moteur peut d'ailleurs servir de frein modérateur dans une certaine mesure. Sur la pente maxima de 6 0/0, il n'y a pas à craindre de voir la descente devenir trop rapide, même en cas de manque d'action des freins, parce que la partie où le bateau et le chariot sont hors de l'eau est très courte et que, dès que ceux-ci viendraient à s'immerger, la résistance de l'eau interviendrait pour empêcher le choc d'être dangereux s'il venait à se produire.

Le plan incliné complet a coûté environ 100 000 *f* répartis de la manière suivante :

Terrassements, maçonnerie, élargissement du canal de l'Ourcq	12 000
Traverses et rails	10 000
Chariot	45 000
Freins	5 000
Crémaillère et modifications au chariot	15 000
Supports du câble et imprévu	13 000
TOTAL	100 000

Dans ce chiffre ne sont pas comprises les dépenses relatives à la dérivation et à l'installation de la force motrice, parce que ces dépenses ne sont pas spéciales au plan incliné et ont un caractère général ; en effet, ces travaux avaient été exécutés en vue de l'utilisation industrielle de la chute créée à Beauval, projet dont la réalisation a été retardée par diverses circonstances, mais va avoir lieu prochainement.

Le prix de revient du transbordement d'un bateau ne dépend que de deux éléments, la main-d'œuvre et l'intérêt et amortissement de l'installation. La main-d'œuvre est peu de chose, il ne faut qu'un homme sur le chariot, l'équipage du bateau ayant à sa charge les manœuvres pour amener celui-ci sur le chariot et l'en sortir. La plus forte dépense est l'intérêt et l'amortissement de l'installation qui peuvent être estimés à une vingtaine de francs par jour. Le prix de revient de l'opération dépendra donc entièrement de la fréquentation de l'ouvrage. Dans le cas qui nous occupe, cette question est un peu secondaire, puisque l'installation a été faite en grande partie pour les besoins personnels de son promoteur. Il ne faut pas oublier d'ailleurs que, comme nous l'avons indiqué plus haut, le service rendu par le transbordeur représente l'équivalent d'un trajet de plus de 100 *km* de parcours et d'un temps rendu considérable par le passage d'un très grand nombre d'écluses, soit au moins trois ou quatre jours.

Depuis l'installation de la crémaillère, il a passé sur le plan incliné plus de mille bateaux sans qu'aucun accident soit survenu.

L'ouvrage que nous venons de décrire est intéressant par lui-même, mais il l'est peut-être encore plus par le fait qu'un simple particulier a réussi à l'établir en y consacrant une partie de sa fortune et une persévérance inouïe pour venir à bout de difficultés techniques et administratives de toute sorte. Il l'est encore, ajouterons-nous, parce qu'il constitue avec le chemin de fer de Langres, l'une des deux premières applications, en France, de la crémaillère à la traction sur voies ferrées.

LE BASSIN HOUILLER DU DONETZ.

NOTES DE VOYAGE

PAR

M. A. BRÜLL

Notre honoré président, sachant que j'avais, au printemps dernier, visité des charbonnages dans le bassin du Donetz, a pensé que vous pourriez entendre avec intérêt la description de cette région dont les richesses minérales éveillent l'attention du monde industriel.

Je crus d'abord qu'il me suffirait d'extraire de mon rapport de mission les renseignements qui ne touchaient en rien aux intérêts engagés, mais je dus bientôt reconnaître que je n'arriverais pas ainsi à vous présenter un travail digne de votre attention.

Bien que les ingénieurs des mines et les directeurs de houillères m'eussent donné libéralement tous les renseignements désirables, un séjour d'une semaine dans l'exploitation à étudier, quelques rapides excursions dans les mines voisines, ne pouvaient suffire pour vous faire connaître un district houiller aussi riche et aussi étendu.

Il m'a donc fallu puiser à d'autres sources d'information et j'ai eu recours aux statistiques officielles de Russie et aux mémoires des ingénieurs qui avaient visité auparavant le Donetz.

J'ai fait appel aussi à l'obligeance de quelques confrères qui avaient étudié à fond cette intéressante contrée.

On trouvera annexée au présent travail la liste des publications consultées. Cette notice bibliographique pourra servir à ceux qui seraient appelés à se rendre compte des ressources de la Russie méridionale.

On relira entre autres, avec intérêt, la communication présentée à la Société en 1882 par notre collègue, M. Verdeaux, sur les

minerais de fer de Krivoï-Rog, dans le gouvernement d'Ekaterinoslav, et on reconnaîtra qu'il avait apprécié avec une parfaite justesse l'importance de ces puissants gisements pour le développement industriel du Sud de la Russie.

Cette communication se divise en cinq parties :

1° Situation géographique ;
2° Indications géologiques ;
3° Historique ;
4° Exploitation ;
5° Débouchés.

Elle se termine par des conclusions visant l'avenir réservé au bassin du Donetz.

I. — Situation géographique.

On trouvera *(Pl. 61)* une carte sur laquelle ont été portés, d'après divers documents, les chemins de fer et les cours d'eau principaux ainsi que les localités importantes depuis la frontière occidentale de la Russie jusqu'à la Volga à l'Est, et de Moscou au Nord à Sébastopol au Sud. Cette carte permettra de comprendre aisément la description qui va suivre.

Le Don (Tanaïs des Grecs) prend sa source dans le gouvernement de Toula, à 170 *km* au Sud de Moscou ; il coule d'abord au Sud, puis au Sud-Est vers la Volga dont il s'approche à 75 *km*. Bien que le niveau du Don soit, à cet endroit, plus élevé de 42 *m* que celui de la Volga, une brusque inflexion l'en éloigne et le dirige au Sud-Ouest, puis à l'Ouest ; c'est avec cette direction que, par un delta fort étendu, le fleuve se jette, entre Taganrog et Azov, dans la mer d'Azov *(Palus Mœotide)* après un parcours total de 2 150 *km*.

Le Donetz, ou petit Don, qui a une longueur de 1 100 *km*, est le plus important affluent du fleuve. Il prend sa source un peu au Nord de Kharkov, coule vers le Sud, puis à peu près parallèlement au Don, s'infléchit ensuite vers le Sud et se jette à 60 *km* au Nord-Est de Novo-Tcherkask, dans le Don, par sa rive gauche, à 130 *km* de son embouchure.

Le flanc méridional de la vallée du Donetz présente une largeur d'une soixantaine de kilomètres ; la ligne de partage des eaux court de l'Est à l'Ouest et son altitude ne dépasse pas

2 à 300 *m*. Au Sud de cette chaîne de collines s'étale le versant Nord de la mer d'Azov dont la largeur varie de 90 à 130 *km*.

Les affluents du Donetz et les tributaires du golfe d'Azov sont souvent à sec. Quand ils coulent, leur vitesse est, en général, faible; le Donetz lui-même a cessé d'être navigable, sauf pendant la saison des inondations.

Les principaux affluents de la rive droite du Donetz sont, en allant d'amont en aval :

La Brivoï-Toretz qui se développe sur 100 *km*;

La Bakmouth de 75 *km* de longueur;

La Lougane dont le cours mesure 120 *km*;

La Kamenka de 70 *km*, et la Koundrioutchia, qui, après un parcours de 130 *km*, se jette dans le Donetz un peu en amont de son confluent avec le Don.

Les deux tributaires les plus importants de la mer d'Azov sont :

Le Kalmious qui aboutit à Marioupol après un parcours de 160 *km*;

Et le Mious qui se jette, avec un cours d'environ 180 *km*, dans une baie profonde au Nord-Ouest de Taganrog.

Les collines sont à pente douce et ne dépassent guère une cinquantaine de mètres de hauteur.

Le climat paraît être devenu plus sec; les forêts ont complètement disparu et le régime des eaux s'est montré plus irrégulier. La fonte des neiges au printemps et les pluies d'automne ont raviné assez profondément la steppe. L'immense plaine, faiblement ondulée, aux horizons sans limite, est balayée par les vents du Nord et de l'Est que rien n'arrête. De violents chasse-neiges la désolent, épargnant à peine quelques rares bouquets d'arbres dans les replis de terrain les mieux abrités. Le climat est extrême et à brusques variations : la température moyenne de l'hiver est de — 6° centigrades et celle de l'été de + 22°. Le froid, sans être persistant, est très rigoureux et pénible à supporter à cause de la violence du vent. L'été est sec et le thermomètre atteint, à l'ombre, 40° centigrades. Au printemps et en automne, la température est plus agréable, mais le sol argileux, détrempé par la fonte des neiges ou par les pluies qui s'écoulent difficilement, se transforme en une boue épaisse et collante qui rend difficiles les communications et arrête même entièrement les transports, car les routes sont de simples chemins de terre sans aucun empierrement.

Le sol est fertile et profond et n'exige pas d'engrais, mais une faible partie seulement de la surface est cultivée. Les céréales, après une ou deux années de jachère, prospèrent et mûrissent rapidement presque sans travail lorsqu'il y a des pluies suffisantes. Souvent la sécheresse compromet ou anéantit la récolte. La steppe inculte donne d'abondants fourrages et on élève des chevaux et de nombreuses bandes de bœufs, mais souvent aussi les vents brûlants dessèchent en quelques semaines toute cette végétation.

Le bassin houiller du Donetz est situé sur la rive droite du Donetz et sur le versant Nord de la mer d'Azov. Il s'étend depuis le bas Donetz, à l'Est, jusqu'à Jassinovataia, Constantinovka et Slaviansk, à l'Ouest, sur 270 *km* environ de longueur. Cette limite Ouest suit à peu près la ligne de séparation des eaux des bassins du Don et du Dnieper. Le bord septentrional du bassin s'éloigne peu du cours du Donetz et sa limite Sud, à peu près parallèle au rivage Est-Ouest du golfe d'Azov, se tient à une soixantaine de kilomètres au Nord de ce rivage, jusqu'au droit de Marioupol, à l'Ouest. Le bassin apparent présente ainsi, du Nord au Sud, une largeur de 70 *km* vers l'Est, et de 110 *km* dans sa partie occidentale, ce qui lui donne une surface de 24 à 25 000 km^2, plus grande que celle d'aucun bassin houiller d'Europe.

Pour permettre d'apprécier l'énorme étendue d'une pareille superficie, je citerai quelques chiffres comparatifs.

L'étendue totale des mines de charbon concédées dans le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais n'est que de 1 237 km^2.

Les parties reconnues du bassin de la Ruhr n'ont qu'une surface de 2 700 km^2 environ.

La formation carbonifère occupe dans la Grande-Bretagne une surface connue de 18 000 km^2.

Le bassin houiller du Donetz s'étend sur la partie orientale du gouvernement d'Ekaterinoslav, à l'Ouest du Kalmious, et sur la portion occidentale des territoires militaires des Cosaques du Don, à l'Est de cette rivière.

Le premier compte environ 1 800 000 habitants pour une superficie de près de 60 000 km^2. Le chef-lieu est la ville d'Ekaterinoslav, fondée en 1786 par Potemkin à la gloire de l'impératrice Catherine II. Cette ville, située sur la rive droite du Dnieper, à l'intérieur du grand coude formé par ce fleuve en amont des rapides qui limitent la navigation, est en plein développement : elle est peuplée de 41 000 habitants.

Les territoires des Cosaques du Don, avec une superficie de plus de 160 000 *km*², n'ont que 1 million 1/2 d'habitants, ce qui donne seulement 9 habitants par kilomètre carré. La capitale de l'armée du Don, est, depuis le commencement de ce siècle, Novo-Tcherkask, ville d'environ 45 000 âmes, qui domine le cours inférieur du Don, dont elle est distante d'une vingtaine de kilomètres. Les Cosaques, qui ne forment plus aujourd'hui qu'une partie de la population de ce territoire, sont organisés militairement.

Les principales villes situées dans le district houiller sont : au Nord-Ouest, Bakmouth, avec une douzaine de mille habitants ; au Nord, Lougane (environ douze mille), et à l'Est, Yousovo (une quinzaine de mille).

Le sol est généralement entre les mains de la Couronne ou des grands propriétaires ; la petite propriété des paysans n'occupe qu'un rang secondaire.

Les mines appartiennent aux propriétaires de la surface.

II. — Indications géologiques.

Au Sud, à partir du village de Karakoub (voir *Pl. 61*), rive droite du Kalmious, en se dirigeant vers l'Ouest, le bassin houiller est limité par les terrains cristallins où dominent le gneiss, la syénite, le granit et le micaschiste. Ces terrains ont sans doute exercé une grande influence sur le soulèvement des couches carbonifères.

Au Nord-Ouest, dans le pays de Bakmouth, le houiller, fortement incliné, est recouvert par les dépôts horizontaux du permien.

L'étage houiller, proprement dit, repose sur le calcaire carbonifère.

A l'Ouest, au Nord et à l'Est, le terrain houiller disparaît sous les terrains crétacés à travers lesquels il émerge en nombreux îlots, surtout dans l'Ouest et au Nord. On voit aussi les sables et les argiles marneuses du tertiaire au Sud du district et dans quelques vallées isolées.

D'après M. Grand'Eury, le Donetz appartient par sa flore à la zone moyenne de la seconde phase de la période permo-carbonifère. C'est à cette même zone que se rattache la partie principale des bassins houillers du Nord, du Pas-de-Calais et du Hainaut.

A 800 *km* environ, au Nord de l'affleurement du terrain houiller, à la limite des terrains crétacés, se trouve le bassin houiller de

Moscou, qui a une très grande étendue. Plusieurs géologues ont émis l'idée que le bassin du Donetz et celui de Moscou n'en formaient qu'un seul, recouvert en partie par des morts-terrains.

Le terrain houiller affleure sur les hauteurs dénuées d'alluvion, ainsi que dans les parties ravinées. Dans la plaine il est recouvert d'une couche de terre argileuse, d'épaisseur variable jusqu'à 15 et 20 *m*, qui retient assez bien les eaux superficielles.

Le terrain houiller est formé de couches alternantes de calcaire, de schiste, de grès et de houille.

Les couches d'anthracite sont minces et restent généralement au-dessous de 1 *m* de puissance. Celle des veines de houille varie communément de 0,40 *m* à 1,40 *m*. Actuellement, on ne connaît que la couche Alexandrovska dont la puissance atteigne 2 *m*.

Les entre-deux varient, en général, de 30 à 120 *m*, mais on trouve assez souvent des groupes de deux couches distantes seulement de 10 à 20 *m* l'une de l'autre.

Le calcaire, en lits généralement peu épais, crevassés et aquifères, se montre surtout aux étages supérieurs de la formation houillère et sert d'horizon aux couches de charbon gras. Le calcaire, tantôt gris noir et bitumineux, tantôt blanc jaunâtre et de texture cristalline, sert à faire de la chaux et de la castine.

Certains grès, à gros grain et très siliceux, donnent des meules de moulins.

La houille est souvent voisine des schistes ; on rencontre aussi dans ces derniers des gisements de minerai de fer. Mais ce minerai est généralement en nodules et d'une trop faible teneur en fer pour pouvoir être exploité.

Les couches sont, en général, assez régulières ; les accidents ne sont ni très nombreux ni très importants.

La direction ordinaire des couches est à peu près Ouest-Nord-Ouest, Est-Sud-Est, mais les terrains ont été ondulés par des soulèvements en nombreux bassins divisés par des selles ; la direction et l'inclinaison sont ainsi variables ; toutefois, dans certaines parties du bassin, on peut suivre les couches sur d'énormes longueurs allant jusqu'à 40 *km* sans y trouver aucun dérangement.

Une des principales arêtes de soulèvement, sensiblement parallèle aux bords du bassin, part à l'Ouest entre Gorlovka et Nikitovka, passe au Nord de Petrowski, et se continue vers l'Est dans la direction de l'usine Pastoukov, à Souline. Cette arête est constituée par des grès durs qui, ayant mieux résisté aux intempéries que les couches voisines, forment avec les éboulis qui en

garnissent les flancs, une saillie caractéristique qui peut être suivie sur une très grande longueur. De part et d'autre de ce soulèvement, on trouve les couches en dressants. Plusieurs exploitations actives sont ouvertes sur ces parties et les travers-bancs ont permis de reconnaître l'énorme puissance du terrain houiller redressé.

Le bassin présente toute l'échelle des variétés de charbon depuis l'anthracite à la base jusqu'aux houilles à coke et à gaz. Dans la région du Sud-Est, se trouve l'anthracite ; mais à mesure qu'on s'avance vers l'Ouest, on rencontre les houilles maigres, demi-grasses et grasses. La limite de l'anthracite et de la houille suit, en partant du Sud, à 40 *km* environ de la bordure Ouest, une ligne sensiblement Sud-Nord, puis cette ligne tourne vers l'Est et va se confondre à peu de distance avec le bord Nord du terrain houiller apparent.

D'après les travaux de MM. Nosof, on pourrait diviser le gisement de houille formant la partie Sud-Ouest du bassin du Donetz en trois groupes de couches. Les soixante veines qu'on y a reconnues auraient une épaisseur totale de 40,72 *m* de charbon. Sur ces soixante couches, quarante-quatre seraient exploitables avec une puissance de près de 36 *m* de charbon.

Il est vrai qu'à l'époque des études géologiques de MM. Nosof, aucun puits ni sondage n'avait atteint une grande profondeur dans la région du Sud-Ouest, mais un ingénieur des plus expérimentés m'a affirmé que les travaux exécutés dans les couches en dressant dont il a été parlé plus haut, montraient une puissance d'au moins 2 *km* de terrain houiller. Il n'est pas douteux que cette puissance existe aussi dans les endroits où les couches non soulevées forment d'immenses plateures.

Dans la partie du district du Kalmious que j'ai examinée, j'ai vu, tant par les plans de mine que par la visite des travaux, un faisceau de treize couches montrant une épaisseur totale de charbon de 9,50 *m*. Ces treize couches correspondaient à une puissance de terrain houiller de 950 *m*. C'est 1 *m* de charbon pour 100 *m* de terrain.

Si on compare cette richesse à celle de différents bassins, on voit qu'elle est assez faible. Le bassin de la Ruhr offre, pour une puissance de 2 200 *m*, cent dix-neuf couches donnant ensemble 88 *m* de charbon, soit 4,40 *m* par 100 *m* de terrain (1).

(1) *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 1875.

En France, la Compagnie d'Anzin exploite plusieurs faisceaux de couches qui représentent ensemble une puissance de terrain houiller de 2 320 *m*, avec quatre-vingt-trois couches montrant 48,70 *m* de charbon ; soit 2,10 *m* par 100 *m* de terrain (1).

La mine de Courrières, dans le bassin du Pas-de-Calais, avait trouvé, en 1877, une puissance de 32 *m* de charbon exploitable, pour un avancement vertical des puits de 155 *m* dans le terrain houiller (1).

Le minerai de fer se trouve en abondance dans le terrain houiller, dans le crétacé et dans les alluvions du Donetz.

A la limite des charbons gras et des anthracites, on trouve des amas irréguliers d'un minerai argileux à 30-35 0/0 de fer qui affleurent et semblent peu profonds.

Entre les schistes et les calcaires du terrain houiller, au voisinage des couches de charbon, il y a souvent de petits amas d'hématite brune généralement siliceuse, mais pure et un peu manganésifère, rendant 40 0/0 de fonte; tels sont, par exemple, les gisements de Petrowski, sur la Sadka, affluent du Mious, et de Lougane, sur la rivière du même nom près de son confluent avec le Donetz. A une plus grande profondeur, l'hématite fait place au fer spathique lithoïde.

Au Sud-Ouest du district, près des roches cristallines, on connaît un gisement très étendu d'hématite fortement siliceuse.

Citons encore les gisements exploités dans la vallée du Kalmious, à la limite Sud du bassin. Le minerai donne de 45 à 50 0/0 de fer, mais il est phosphoreux.

Le sel gemme s'exploite depuis plus de deux siècles dans le terrain permien du Nord à Bakmouth, à Briantsewka, à Slaviansk. Il y a, entre autres, une couche de 35 *m* de puissance. Les gisements sont si riches que les mines de Bakmouth seules peuvent facilement extraire 500 000 *t* par an et que le sel se vend à 8 ou 9 *f* la tonne, c'est-à-dire au prix de la houille.

On trouve aussi, en certains points, des gisements métalliques (plomb, zinc, cuivre, antimoine, mercure), mais ils n'ont été, pour la plupart, que fort peu exploités et sont insuffisamment connus, sauf l'exploitation de mercure de Nikitovka qui est des plus prospères.

Enfin, on rencontre encore du graphite, du kaolin, de l'albâtre, du marbre, des schistes ardoisiers et des oxydes colorants.

(1) *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 1878.

Comme on le voit, les richesses du bassin du Donetz sont variées, mais je m'occuperai particulièrement dans ce qui va suivre de la houille que j'ai seule étudiée.

III. — **Historique.**

Dès le commencement du dix-huitième siècle, Pierre le Grand, pendant ses campagnes contre les Turcs, avait entrevu l'importance des richesses minérales du Donetz.

En 1784, le capitaine Skarnakov rendait compte à Potemkin de la découverte de riches gisements de houille sur le territoire du Don.

En 1795, M. Illyne étudia, outre la houille, des gites de minerai de fer et de galène argentifère ; et en 1827, M. Kovalsky, qui devint plus tard ministre des travaux publics de Russie, décrivit 25 couches de houille et plusieurs dépôts de minerai de fer.

C'est seulement en 1796 que le gouvernement, préoccupé des besoins de l'armement des côtes et de la flotte de la Russie méridionale, fit contruire l'usine de Lougane. Cette usine était alimentée par la mine de charbon d'Ouspensk, située à une quinzaine de kilomètres au Sud et par la mine de Lissitschansk, acquise par le gouvernement et située sur le Donetz, en amont, à une distance cinq fois plus grande. Elle utilisait un minerai pauvre et phosphoreux du terrain crétacé. Ces conditions défavorables, jointes à l'inexpérience du personnel, ne pouvaient donner que de médiocres résultats. Les essais de fabrication furent poursuivis pendant une dizaine d'années sans grand succès.

Les hauts fourneaux de Lougane furent remis en feu en 1833, mais sans résultats sérieux, et l'usine fut transformée en fonderie pour le traitement au cubilot des fontes au bois de Sibérie avec le coke de Lissitschansk, et plus tard, avec l'anthracite de Grouchevka. On produisit quelques pièces d'artillerie et des projectiles pour la marine et pour les forts de la mer Noire. On y établit aussi des fours à puddler et des laminoirs. Cette usine a été arrêtée en 1887.

Malgré les vicissitudes des forges de Lougane, la création de cet établissement n'en fut pas moins le point de départ de l'industrie minière et métallurgique de la Russie méridionale. Les explorations faites par le gouvernement et par les particuliers après la construction de cette usine amenèrent de nombreuses

découvertes et il s'ouvrit un grand nombre de petites exploitations.

Quant à la mine de Lissitschansk, dont l'usine de Lougane avait cessé de consommer les produits, elle continua à être exploitée par l'État comme une école pratique à l'usage des ingénieurs des mines et sans aucune préoccupation commerciale.

De 1827 à 1830, on reconnut de nombreux gisements de houille et, dans la vallée inférieure du Don, sur la rivière Grouchevka, le colonel Olivier découvrit des mines très riches d'excellente anthracite.

C'est en 1837 que M. l'ingénieur des mines Le Play, professeur à l'École des Mines de Paris, fut placé par le prince Anatole Demidoff, à la tête d'une mission scientifique qu'il organisait pour reconnaître les richesses minérales du midi de la Russie où il se proposait d'acquérir des propriétés. Les travaux de cette Commission durèrent trois années et furent publiés en 1842 sous le titre de *Voyage dans la Russie méridionale par Le Play*. L'extraction totale à cette époque était encore bien insignifiante et n'atteignait pas 16 000 tonnes pour l'année 1839. Cependant, les explorateurs purent étudier 225 gisements de houille et 30 dépôts de minerai de fer.

Les conclusions de M. Le Play ne furent pas favorables au projet du prince Demidoff. L'approvisionnement de houille ne lui parut pas suffisant; le faible développement d'un pays peu peuplé, le manque de communications, l'inexpérience des travailleurs paraissaient déconseiller l'établissement d'une industrie aussi nouvelle.

L'ingénieur des Ponts et Chaussées Lalanne, qui faisait partie de la mission, publia dans les *Annales des Mines* un mémoire où il exposa qu'il ne lui semblait pas possible d'établir dans ce pays une grande exploitation minérale : la plupart des affleurements sont presque insignifiants, la qualité du charbon est généralement médiocre, il en est de même des minerais de fer et, en conclusion : « La formation ferro-carbonifère de la Russie méridionale semble ne pas offrir la moindre chance de succès à de grandes entreprises industrielles. »

On s'expliquera les opinions peu encourageantes émises par ces savants ingénieurs si l'on veut bien se rappeler qu'en 1839 les chemins de fer commençaient à peine. Il était difficile de prévoir à cette époque les merveilleuses ressources que pouvait fournir le nouveau système de transport pour l'utilisation des richesses minérales d'un territoire étendu.

Citons encore les explorations du géologue anglais Murchison, qui publia un livre sur la géologie de la Russie d'Europe.

Cependant les besoins de l'usine de Lougane, la consommation des paysans de Grouchevka, l'exploitation du sel à Bakmouth et quelques autres industries développaient un peu l'extraction qui, en 1849, atteignait 56 000 *t*. Les moyens restaient fort primitifs et ne fournissaient guère qu'un mélange de charbon menu et de terre que des chariots traînés par des bœufs transportaient lentement sur de mauvais chemins. Dans ces conditions, le charbon du pays ne pouvait faire utilement concurrence aux charbons anglais qui arrivaient à bon compte dans les ports de la mer d'Azov ; il ne réussissait même pas à remplacer le bois pour le chauffage domestique.

En 1853, M. Le Play publia sur le bassin du Donetz un second ouvrage dans lequel il montra que le développement de la navigation à vapeur et la construction de chemins de fer dans le midi de la Russie pourraient donner à l'exploitation du charbon un rapide et puissant développement.

De 1857 à 1860, le nombre des concessions d'anthracite à Grouchevka passe de 57 à 400 et, de plus, 125 concessions furent données dans d'autres localités.

La Compagnie de navigation et de commerce de la mer Noire ouvrit à cette époque une grande mine d'anthracite.

En 1866, le gouvernement qui avait établi à Petrowski, pour la fonte des minerais de cette région, une usine dont les résultats étaient loin de le satisfaire, la transporta près de la mine de Lissitschansk qu'il exploitait et y construisit des fours à coke et des hauts fourneaux.

Pendant ce temps, le réseau des voies ferrées rayonnant de Moscou s'allongeait vers les villes de Toula, Orel, Koursk, Kharkov, Nikolaïev, Odessa ; vers Riazan et Voroneje. Le bois employé d'abord sur les locomotives cédait peu à peu la place à la houille. Des lois spéciales protégeaient les forêts contre la dévastation. La navigation à vapeur se développait, des sucreries s'établissaient dans la vallée du Dnieper. Les besoins de combustible minéral grandissaient et devenaient impérieux en même temps que le transport du charbon à grande distance était rendu possible.

Les capitaux affluèrent du pays et de l'étranger.

Mais les entreprises de cette époque rencontrèrent plus d'un obstacle et les succès furent mêlés de revers souvent causés par

une connaissance insuffisante des richesses disponibles et des moyens de les utiliser.

L'empereur décida alors, pour remédier à cet état de choses, qu'il serait fait aux frais de l'État une étude approfondie du bassin houiller. De 1866 à 1869, des explorations géognostiques furent faites dans les gouvernements d'Ekaterinoslav et de Kharkov sous la direction de M. de Helmersen, membre de l'Académie des sciences, assisté de MM. Nosof, ingénieurs des mines, tandis que les terrains des Cosaques du Don étaient étudiés par d'autres ingénieurs désignés par le ministre de la guerre. Tous ces travaux permirent de publier des cartes géologiques aux échelles de $\frac{1}{420\,000}$ et de $\frac{1}{126\,000}$. Ces cartes rendent depuis cette époque des services signalés.

C'est seulement en 1869 et 1871 que furent ouverts deux chemins de fer d'une grande importance pour l'avenir du midi de la Russie : l'un continuant la ligne Moscou-Kharkov, jusqu'à Taganrog, l'autre prolongeant la ligne Moscou-Voroneje par Sverewo jusqu'à Rostov à l'embouchure du Don. Ces deux voies donnèrent à l'exploitation une très vive impulsion. Le charbon se vendait très cher à cette époque, soit 18 à 20 kopecks le poud (1). On extrayait 213 000 *t* d'anthracite et seulement 49 000 *t* de houille. Les méthodes se perfectionnent ; de grandes mines bien outillées remplacent les exploitations morcelées des paysans, les terrains miniers prennent de la valeur ; la spéculation avec ses excès habituels s'empare du pays. On établit des entreprises mal conçues qui ne tardent pas à sombrer. Cependant, l'extraction atteint 588 000 *t* en 1874 et augmente rapidement d'année en année. Le prix du charbon s'abaisse de moitié. On le livre aux stations à 9-10 kopecks le poud. L'extraction de la houille passe de 49 à 213 000 *t* en 1875 ; celle de l'anthracite arrive à peu près à ce même chiffre de 213 000 tonnes.

De 1876 à 1878, on construisit le chemin de fer du Donetz qui réunit les deux lignes de Taganrog et de Rostov et dessert par ses embranchements le centre du bassin.

Depuis cette époque, d'autres lignes, telles que le chemin de fer Catherine et le chemin de fer de Constantinovka à Marioupol, sont venues augmenter considérablement les ressources de transport de la contrée. Des moyens d'embarquement ont été établis dans le port de Marioupol.

(1) Le kopeck est le centième du rouble qui vaut au pair 4 *f* et dont le cours est variable. Le poud vaut 16,381 *hg*.

C'est sur la ligne Catherine; à 170 verstes d'Ekaterinoslav, que se trouve la station de Krivoï-Rog qui relie au bassin du Donetz les importants gisements de minerai de fer de ce pays.

Un des facteurs les plus actifs de la prospérité de l'industrie houillère a été la création dans le district, en 1870-71, de deux grandes forges dont il sera parlé plus loin. Plus tard, en 1887, de puissantes usines métallurgiques ont été construites pour utiliser les minerais de Krivoï-Rog et leurs demandes de houilles à coke ont vivement excité l'activité de l'exploitation dans le bassin houiller.

Mais le développement des débouchés, l'activité de l'extraction marchaient toujours plus rapidement que l'augmentation des moyens de transport. Le manque de matériel roulant, les défauts d'organisation laissaient en souffrance les intérêts des mines. Le gouvernement, qui avait déjà fait des efforts pour remédier à cette situation persistante, établit en 1874 une institution qui contribua puissamment à la prospérité de l'industrie houillère. Des congrès spéciaux furent organisés entre les exploitants pour l'étude des questions d'intérêt commun. Ces congrès se réunissent depuis 1874 chaque année dans une des villes du pays; ils établissent des statistiques de la production et des transports, et ils soumettent au gouvernement, qui les étudie avec sollicitude, les vœux qu'ils forment pour favoriser le développement de leurs entreprises. M. Ch. Vincens, ingénieur, a publié en 1889, dans le *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, la traduction du rapport présenté en novembre 1887 au douzième congrès.

Cette coopération des exploitants, sous l'assistance de l'administration, a porté ses fruits. On a vu s'accroître activement le nombre des ouvriers ainsi que le nombre et l'importance des machines.

En 1884, les exploitants comptaient 6 242 ouvriers au fond et 1 191 au jour. En 1888, ils en comptaient 16 423 et 4 047.

En 1884, il n'existait que 75 machines représentant 1 278 chevaux tandis qu'en 1888 ces machines passent à 186 et 4 038 chevaux.

Les quantités expédiées par les chemins de fer se sont élevées très rapidement pendant ces douze dernières années. Voici les chiffres que fournissent les statistiques des congrès pour des exercices compris entre le 1er septembre de chaque année et le 31 août de l'année suivante.

EXERCICES	EXPÉDITIONS EN TONNES	AUGMENTATION DES EXPÉDITIONS d'un exercice à l'autre
1879-1880	610 060	»
1880-81	727 290	19 0/0
1881-82	908 280	25 »
1882-83	987 980	9 »
1883-84	962 000	—3 »
1884-85	1 114 220	16 »
1885-86	1 298 230	17 »
1886-87	1 429 640	10 »
1887-88	1 458 400	2 »
1888-89	1 910 740	31 »
1889-90	1 968 600	3 »
1890-91	2 060 550	5 »

On voit que les expéditions, malgré d'assez grandes irrégularités dans leur accroissement, ont plus que triplé en douze ans. C'est là, pour cette période, un progrès remarquable, car le bassin de la Ruhr, au moment du développement le plus rapide de sa production, soit de 1871 à 1873, n'a pas montré plus de 14 0/0 d'excédent d'une année sur l'année précédente.

IV. — **Exploitation.**

On a vu que, dans un grand nombre de points, les couches de charbon affleurent ou ne sont recouvertes que par une faible épaisseur de terre.

Il est donc bien facile, surtout lorsque la couche n'a qu'une faible inclinaison, d'installer sans grands frais une petite exploitation sur la tête des couches.

C'est ainsi que beaucoup de paysans ont ouvert des galeries suivant la pente et des puits peu profonds. On en voit encore un grand nombre qui extrayent le charbon de 40 à 50 *m* dans une tonne que monte un manège actionné par un ou deux chevaux. Comme l'eau n'est pas d'ordinaire bien abondante à cette profondeur, il suffit pour s'en débarrasser, d'en emplir de temps en temps la benne au lieu d'y charger du charbon.

D'autres fois, les habitants d'un même village, exploitant ensemble les biens communaux, ont établi une mine de ce genre. Chacun d'eux fournit un certain nombre de journées de travail,

de journées de cheval pour le baritel, et chacun prélève le combustible nécessaire à son chauffage. Ils contribuent en commun aux dépenses de l'exploitation et se répartissent les revenus provenant des ventes de charbon.

Les grandes propriétés sont exploitées soit en régie, soit par des amodiataires à redevance. Quelquefois deux terrains contigus sont réunis en une seule mine. Les frais de premier établissement et les produits nets se partagent en proportion de la longueur de couche qui traverse chaque propriété.

Enfin, il y a aussi des exploitants et des sociétés minières qui ont acheté ou qui ont pris à bail de grands domaines pour de longues périodes avec faculté d'achat. Voici quelques indications sommaires sur les plus importantes de ces entreprises :

La Société minière et industrielle de Paris (capital social 20 000 000 *f*), fondée sous les auspices de la Société Générale, a créé vers 1874 la mine de Kourakovka, sur la Volchia, affluent du Dnieper. Cette mine présente une surface de 2 000 *ha* et donne un charbon maigre et flambant, un peu pyriteux. La même Société a établi plus tard sur le Kalmious la houillère de Routchenko de 8 000 *ha* de surface qui donne des charbons gras et demi-gras estimés pour la forge et pour le chauffage des locomotives. Elle a doté ces établissements d'installations perfectionnées et les a reliés à la ligne de Marioupol, chemin de fer du Donetz. Ses expéditions par la station de Roudnichnaïa ont dépassé 300 000 *t* en 1889.

Dans la même région du Kalmious se trouve le charbonnage de Makiefka, de 176 000 *ha*, appartenant à M. Ivan Gregorowitch Ilovaïski. Il est relié à la station de Karziskaïa du chemin de fer de Taganrog et à la station de Jassinovataia où la ligne Catherine s'embranche sur le chemin de fer du Donetz. Il a expédié en 1889 environ 180 000 *t*.

Plus au Nord, la Société houillère industrielle de la Russie méridionale exploite plusieurs mines qui ont fourni en 1889, avec un effectif de 8 à 900 ouvriers, plus de 153 000 *t* de houille expédiées par la station de Gorlovka du chemin de fer de Kharkov-Taganrog. La même Société possède une mine d'anthracite à Grouchevka et un terrain de 5 500 *ha* à la limite des districts de Bakmouth et de Slavianoserbsk.

Le principal actionnaire de cette Société, M. C. C. Poliakoff, a fait construire près de la mine de Korsoun une école destinée à fournir aux exploitations du Donetz des géomètres, des maîtres

mineurs, des machinistes et des chefs d'atelier. Cette école fonctionne avec succès depuis 1878.

La Société minière industrielle Alexiefsky possède des exploitations sur différents points du bassin ; les deux principales sont l'une sur la Groutskaïa, affluent du Kalmious ; l'autre, à Kamenka, sur un petit affluent de la Louganc. Ces deux exploitations donnent du charbon mi-gras et maigre et aussi du charbon propre à la fabrication du coke. Les expéditions de la Société Alexiefsky ont atteint, en 1889, 140 000 *t* ; elles se font par diverses stations des chemins de fer du Donetz et de la ligne Kharkov-Taganrog.

Citons encore la Société houillère de Goloubovka qui a expédié 120 000 *t* en 1889 par la station de Warvaropolie du chemin de fer du Donetz. Le nombre des ouvriers est de 500 environ. Le charbon est maigre à longue flamme.

Enfin, la Société de Berestov-Bogodoukovo pour l'exploitation des minéraux possède une mine aux environs de Jassinovataia. Elle a livré à cette station plus de 66 000 *t* de houille grasse à longue flamme en 1889.

Les six mines de houille qui viennent d'être énumérées ont fourni à elles seules, pour 1889, plus de la moitié des quantités remises aux 36 stations des quatre Compagnies de chemins de fer par 334 expéditeurs. D'ailleurs, on voit d'année en année les grandes exploitations augmenter leur production. Les mines travaillées par les paysans, qui ne livrent que des produits inférieurs, ne prennent pas un développement correspondant. Les 40 extractions de plus de 8 000 *t* ont fourni, en 1889, les 85 centièmes de l'ensemble des expéditions de houille.

Parmi les mines d'anthracite, nous citerons seulement celle que M. J. C. Kochkin exploite à Grouchevka. Elle est reliée par un embranchement au chemin de fer Voroneje-Rostov, et elle expédie plus de 100 000 *t* par an.

Deux mines importantes méritent encore d'être mentionnées ici. Si elles n'expédient que peu (1) ou pas de charbon par chemin de fer, c'est qu'elles alimentent deux grandes forges qui ont été établies dans le district houiller en dehors des usines métallurgiques du gouvernement.

La première a été créée par une Société organisée en Angleterre sous le nom de Compagnie de la Nouvelle-Russie. M. John Hughes, son directeur, commença en 1870 la construction de cet

(1) L'usine Hughes a expédié en 1889 environ 14 000 *t* de charbon.

établissement au bord du Kalmious, dans le district de Bakmouth, sur les terres du prince Paul Lieven. La Compagnie avait obtenu de grandes faveurs et de puissants encouragements du gouvernement. La situation de l'usine au milieu de riches gisements de charbon gras était avantageuse, les minerais se trouvaient au Sud à des distances de 25 à 40 *km*. On produisit d'abord du fer marchand et des rails en fer ; plus tard, on aborda avec succès, en partie à l'aide des minerais de Krivoï-Rog et en partie avec l'hématite brune du terrain houiller, la fabrication des rails en acier Martin-Siemens, et la construction mécanique.

Aujourd'hui, l'ensemble des mines et usines forme un établissement de premier ordre, qui possède trois hauts fourneaux de 100 *t*, produit 25 000 *t* de fer et d'acier et occupe plus de 5 000 ouvriers. On y extrait plus de 250 000 *t* de charbon par an. La ville industrielle compte une quinzaine de mille habitants qui vivent directement ou indirectement des usines Hughes. Ce nom de Hughes, qui se prononce *lougs*, a servi à désigner la ville qui se nomme Yousovo ou Yousovka.

Une autre forge a été établie en 1871 par M. Pastoukov, près de Souline sur la Koundrioutchia, affluent du Donetz. Elle est sur le chemin de fer Voroneje-Azov, dans la région des anthracites, dans une partie riche en hydrates de fer oxydé. Après des débuts difficiles, l'usine commença à produire de la fonte en 1875, mais on éprouva, paraît-il, de graves embarras par suite de la résistance insuffisante des hauts fourneaux à l'énorme chaleur produite par l'anthracite. Cependant on exploite à Souline deux hauts fourneaux et on y produit des rails en fer et des fers marchands. M. Pastoukov a aussi établi à Rostov, sur le Don, un atelier de construction mécanique.

Comme il a été dit plus haut, les couches de houille sont généralement d'allures régulières et peu inclinées ; mais, par suite des soulèvements qui ont formé des bassins locaux, certaines parties sont en dressants. Dans la région que j'ai visitée, les couches sont inclinées de 8 à 12°.

Les couches de charbon sont, comme on l'a vu, assez minces. On exploite des veines de 0,70 *m* et de 1 *m* d'épaisseur sans lit de schiste intercalé, et on laisse, quant à présent, celles qui ont une puissance inférieure.

Il y a peu de grès dans la formation et les schistes y sont très abondants. On comprend que les couches encaissées dans les schistes argileux donnent des difficultés à l'exploitation ; ces

schistes s'effritent et gonflent par l'humidité. Dans ce cas, le boisage fatigue beaucoup et les voies se soulèvent. Mais souvent les schistes sont gréseux et se tiennent bien. J'ai vu dans ces roches des galeries très faciles à entretenir. Certaines couches, comme par exemple celle désignée sous le nom de Pawlowski, ont un mur de grès. Une autre couche, celle de Smolinenowski, a un toit de grès dur de 15 *m* d'épaisseur.

Pour choisir l'emplacement des sièges d'extraction, on a recours quelquefois à des sondages qui ne m'ont paru présenter aucune particularité digne de remarque.

Le fonçage des puits n'offre pas de difficultés par suite de l'absence de tout niveau aquifère et de terrains éboulеux. Leur section est généralement restreinte, leur profondeur n'est pas encore bien grande.

Mais si l'établissement des sièges d'extraction n'est pas laborieux, il faut remarquer, par contre, qu'un puits ne peut guère servir qu'à l'exploitation d'une seule couche et quelquefois seulement de deux couches voisines. Avec des veines en plateure, éloignées l'une de l'autre comme il a été dit, les travers-bancs atteindraient de trop grandes longueurs et coûteraient plus cher que la création d'un nouveau puits d'extraction.

Les puits sont souvent carrés ou rectangulaires, plus rarement de section circulaire ou elliptique.

Les puits carrés ont, dans plusieurs exploitations, 2,65 *m* de côté. Les puits rectangulaires sont nombreux et ont des sections très variables suivant l'importance des exploitations; on en trouve de 2,10 *m* sur 1 *m* et d'autres allant jusqu'à 3,60 *m* sur 2,70 *m*. Ces puits sont boisés sur toute leur hauteur. Les cadres sont en chêne ou en sapin et sont espacés l'un de l'autre de 0,70 *m*. Les puits circulaires ne se rencontrent que dans les grandes exploitations, par exemple, chez M. Hughes et à la mine de Routchenko; ils ont de 3,60 *m* à 4,25 *m* de diamètre et sont muraillés sur toute leur hauteur. Quelques exploitants ont foncé, suivant les couches, des puits inclinés ou descenderies dans lesquels il a été établi des voies pour l'extraction.

Au pied du puits ou de part et d'autre d'un travers-bancs de peu de longueur, on trace deux voies de fond suivant la direction de la couche.

L'exploitation se fait généralement pour les couches peu inclinées suivant la méthode par piliers et galeries.

On pratique transversalement à la galerie de roulage, et de 15

en 15 *m*, des cheminées montant dans la couche, et les bandes ainsi formées sont elles-mêmes divisées par quatre galeries en direction espacées d'une quinzaine de mètres l'une de l'autre. On découpe ainsi dans la couche un certain nombre de piliers à peu près carrés de 12 à 13 *m* de côté. Les galeries de roulage et de traçage sont boisées.

Les piliers ainsi tracés sont enlevés en commençant par les plus éloignés et les plus élevés. On ne remblaie pas les vides et on laisse ébouler au fur et à mesure.

Lorsque les veines se présentent avec une forte inclinaison, elles sont en général exploitées par gradins renversés. Dans cette méthode, immédiatement au-dessus du niveau de la galerie principale et à son origine, on attaque une première tranche et on la poursuit sur une dizaine de mètres en direction. Puis on prend une deuxième taille au-dessus de la première et en suivant la même direction. On attaque successivement des tranches semblables en s'élevant suivant l'inclinaison et en ayant soin que l'avancement de chaque front d'abatage reste en arrière d'au moins 4 ou 5 *m* sur celui qui lui est immédiatement inférieur. Ces échelons sont nécessaires pour que le piqueur d'une tranche inférieure ne soit pas gêné par la chute du charbon abattu dans les chantiers supérieurs.

Lorsque l'exploitation est conduite par gradins renversés, elle nécessite un remblayage partiel ou total du vide laissé par le charbon en arrière de l'abatage. Dans le Donetz, le remblai massif n'est pratiqué que par quelques exploitants, tandis que la plupart établissent leurs remblais sous forme de piliers.

Le charbon abattu est approché de la galerie de roulage par les cheminées. Là, il est chargé dans des berlines qui le conduisent aux accrochages.

Les voies sont à divers gabarits ; celles que j'ai vues étaient établies en rails d'acier pesant 7,7 *kg* par mètre et avaient 45 *cm* d'écartement entre rails. On trouve, dans de puissantes exploitations, des voies plus larges.

Le roulage sur la voie de fond conduisant au puits se fait ordinairement à l'aide de chevaux. Dans les petites exploitations les wagonets sont poussés à bras d'hommes.

Les berlines sont de formes et dimensions variables. Les unes sont en bois et contiennent 500 *kg* de charbon, les autres sont en tôle de fer ou d'acier avec des contenances variant de 328 *kg*

(20 pouds) à 573 *kg* (35 pouds). Ces wagonets ont des roues en fonte ou en acier coulé.

L'extraction se fait dans les petites exploitations à l'aide de baritels. Dans les exploitations plus importantes, des treuils mus par engrenages au moyen de machines à vapeur sont installés sur les puits. La puissance de ces machines varie de 10 à 80 *ch.* Enfin, les mines dont l'extraction est active ont des puits armés de machines plus puissantes. La plus forte de ces dernières est une machine d'extraction de 150 *ch* sortant des ateliers de notre collègue, M. de Quillacq ; elle est installée sur le puits n° 18 de la concession de Routchenko.

Les câbles d'extraction employés dans la plupart des houillères du Donetz sont ronds ; il sont en fil de fer et fréquemment en fil d'acier. Les plus puissantes machines d'extraction actionnent des câbles plats en aloès.

Dans les puits guidés, les cages sont en fer ou en acier ; elles sont presque toujours à un seul étage et ne reçoivent qu'une berline. Peu sont pourvues de parachutes. Les mines de Korsoun ont, pour leur grande machine d'extraction, des cages à deux étages recevant chacun une berline ; ces cages sont munies du parachute Libotte.

Les guidages des cages sont tantôt en bois, tantôt en fer, et aussi en câbles métalliques.

Quelques puits ont des chevalements en fer, mais le plus souvent ils sont en bois, et les recettes peu élevées au-dessus du sol ne permettent que la formation de tas de charbon de 4 *m* de hauteur.

Le terrain houiller étant souvent recouvert d'une couche épaisse d'alluvions argileuses, les mines n'ont pas, en général, de grandes quantités d'eau à épuiser. Cependant, celles qui exploitent sous les ravins ou près des calcaires et aussi celles où des affaissements de terrain ont provoqué la formation de crevasses, ont quelquefois des venues d'eau assez considérables. Les petites exploitations qui épuisent à la benne sont parfois noyées au printemps.

Dans d'autres mines, les cages portent, à leur partie inférieure, une caisse à eau qui se remplit au fond du puits pendant qu'à l'accrochage on pousse la berline dans la cage. Lorsque celle-ci est arrivée au jour, et pendant qu'on retire la berline, la caisse à eau se vide automatiquement dans une rigole qui sert à l'évacuation de l'eau.

Dans quelques puits où il y a une venue d'eau modérée, on a installé des pulsomètres.

Dans les grandes exploitations, ces moyens d'exhaure ont fait place aux pompes d'épuisement. Les pompes qui sont le plus communément employées sont des pompes du système Cameron (analogue au système Tangye) ; elles sont installées à l'intérieur et reçoivent la vapeur du jour. On rencontre aussi des pompes Tangye et d'autres de différents systèmes. La puissance de ces machines ne dépasse guère 35 à 40 *ch.* M. Hughes a installé sur un de ces sièges d'extraction une pompe à vapeur compound à action directe de 240 *ch.*

Dans les mines du Kalmious, on travaille au fond avec des lampes à huile à feu nu. Cependant la présence du grisou, qui n'avait pas encore été constatée, s'est révélée en 1890. Une explosion qui a coûté la vie à plus de cent mineurs s'est produite dans une exploitation. Depuis cette catastrophe, les lampes de sûreté sont seules employées dans cette mine.

Les mines du Donetz sont généralement ventilées par aérage naturel au moyen d'un montage en veine et d'un puits foncé à l'amont-pendage du puits d'extraction.

On se sert quelquefois de l'éjecteur Kœrting pour l'aérage.

Il y a aussi dans quelques mines des ventilateurs Guibal d'assez grands diamètres.

Pour donner une idée des qualités des charbons exploités, je résumerai les résultats des essais nombreux et approfondis faits par M. A. Tchirikov au laboratoire de l'Université de Kharkov, tels qu'ils ont été publiés par M. Islavine. Je puis dire que les quelques observations que j'ai faites concordent avec ces résultats. Les sortes de combustibles sont divisées d'après la classification de Gruner.

L'anthracite est en général absolument noire et d'un éclat métallique. Elle est dure et d'un poids spécifique élevé, plus de 1,40 même lorsqu'elle est très pure. Elle s'enflamme difficilement, décrépite quelquefois, mais donne beaucoup de calorique : 7 400-8 000 unités. Elle contient 90-95 0/0 de carbone fixe et ne laisse que de 2 à 5 0/0 de cendre. On y trouve de 1 à 3 0/0 de soufre. On l'emploie à la fusion des minerais de fer, au chauffage domestique et au service des chaudières à vapeur fixes et marines.

La houille maigre présente des raies mates ; elle est assez résistante et sa densité va de 1,35 à 1,40 *kg.* Elle décrépite souvent au

feu. Elle donne 82-88 0/0 de carbone fixe, 1,5-5 0/0 de cendre, 0,3-1,1 0/0 de soufre. Elle a sensiblement la même valeur calorifique que l'anthracite.

La houille demi-grasse de 1,30 *kg*-1,35 *kg* de densité, employée à la fabrication du coke, rend 74-82 de coke aggloméré. Elle contient 2-3-6 0/0 cendre et de 0 à 3 0/0 de soufre. Pouvoir calorifique : 6 800-7 500 unités.

Le charbon gras qui s'emploie à la forge et peut donner du coke métallurgique est noir, brillant, feuilleté et friable. Poids 1,28-1,30 *kg*. Chaleur 6 500-7 200 unités. Coke aggloméré 69-71 0/0. Cendre 1,5-4 0/0. Soufre 0,5-1,6 0/0.

La houille grasse à longue flamme qui s'emploie à la grille et sert à faire le gaz, est dure et donne peu de menu. Elle pèse 1,28-1,30 *kg* par décimètre cube, donne 60-68 0/0 de coke aggloméré, une chaleur de 6 400-7 000 calories. Soufre 0,5-3 0/0. Cendre 3-4 0/0.

Enfin, la houille sèche à longue flamme est dure et peu friable, légère (densité 1,25 *kg*), à cassure conchoïde avec arrachements. Coke aggloméré 55-62 0/0. Soufre jusqu'à 3,5 0/0. Cendre de 2 à 10 0/0. La puissance calorifique s'abaisse jusqu'à 5 500 unités. Ce charbon s'allume facilement, chauffe peu et ne trouve pas aisément d'emploi.

On a observé que la nature de la houille varie sensiblement d'un point à l'autre de la même couche, suivant la direction. Par exemple la couche Smolinenowski, la plus réputée pour la fabrication du coke, donne à Routchenko du charbon gras menu, tandis qu'à l'Ouest, l'abatage fournit beaucoup de gros et le charbon devient maigre, et qu'à l'Est, au contraire, le charbon se montre plus bitumineux, de sorte qu'à l'usine Hughes il donne un excellent coke métallurgique. Ces variations se produisent sur une longueur en direction de 18 *km*. Des faits analogues ont été observés en France, particulièrement à Blanzy.

L'exploitation par piliers et galeries conduite, comme je l'ai fait connaître, donne un tout-venant assez mêlé de schiste et dont la teneur en cendre est relativement élevée. Comme il n'est pas possible de livrer aux chemins de fer ou aux consommateurs importants, des charbons à plus de 8 0/0 de cendre et plus de 1,25 0/0 de soufre, il faut souvent procéder sur le carreau de la mine au triage des schistes et de la pyrite.

J'ai vu faire, en différents endroits, le triage des pierres dans le stock. Dans les tas de charbon on avait pratiqué une tranchée

dans laquelle il y avait un grand nombre de garçons occupés à trier les pierres et à reculer le charbon d'un talus sur l'autre.

Des exploitants nettoient le charbon sur des courroies sans fin formées de câbles plats hors de service.

Les exploitations qui fabriquent du coke criblent les charbons au moyen de grilles inclinées ou de cribles à trous ronds, afin de vendre les grêles.

Une seule mine dans le Donetz, celle de Berestov-Bogodoukovo, a fait auprès d'une de ses fosses une installation où le charbon est criblé et lavé. Pour amener au lavoir les produits d'un second puits, on a établi une chaîne flottante de 360 *m*. Le criblage est fait au moyen d'une table à secousse et d'un trommel. Les noisettes résultant de ce classement sont lavées dans un bac à piston et les menus sont traités dans un lavoir à feldspath.

La transformation en coke de charbons aussi friables que ceux du Kalmious présente un grand intérêt. Le coke est, d'ailleurs, très demandé par la métallurgie, dont les besoins grandissent chaque jour.

Plusieurs exploitants fabriquent des quantités assez importantes de coke métallurgique dans des fours ouverts du système Schauenbourg.

Il existe aussi des fours Otto et C^ie^, analogues aux fours Coppée. Ces fours cuisent en quarante-huit heures et donnent un rendement de 70 0/0.

J'ai vu, dans un grand établissement métallurgique, des charbons du Kalmious lavés dans des caisses à feldspath et carbonisés dans des fours Coppée. Ces charbons augmentaient considérablement de volume pendant la cuisson et disloquaient les fours. L'adhérence du coke aux parois rendait impossible le défournement mécanique. On a réussi à éviter ces inconvénients en mélangeant cette sorte de charbon avec d'autres provenant de la même région.

Dans cette usine, les charbons, assez impurs et pyriteux, donnaient, avant l'installation du lavage, des cokes contenant de 7 à 12 0/0 de cendre et 1 1/2 0/0 de soufre. Aujourd'hui, on obtient un coke brillant, sonore et solide, ne montrant que 3 0/0 de cendre et très peu de soufre. Le rendement est de 75 0/0 du poids de houille lavée.

M. Gobié, entrepreneur, qui construit depuis quelques années des fours Coppée en Russie, a apporté à ce système des modifications qui paraissent estimées des fabricants de coke.

Il n'y a encore, à ma connaissance, dans la région, aucune fabrication d'agglomérés.

La population ouvrière de Donetz, que l'on évalue à une vingtaine de mille hommes, est composée de Cosaques et de Petits-Russiens habitant le pays, et de mineurs attirés par l'appât de salaires plus élevés, des bassins de Moscou et de Pologne. En hiver, les paysans du centre de la Russie, manquant de travail, viennent en grand nombre offrir leurs bras aux exploitants de mines. A ce moment, il y a abondance de main-d'œuvre. En été, les paysans abandonnent les mines; de plus, au mois d'août où se fait la récolte des céréales, les ouvriers quittent les exploitations pour aller, quelquefois fort loin, gagner des salaires très élevés comme moissonneurs. Dans cette saison, les mineurs sont rares au Donetz.

Tous ces ouvriers ont une constitution robuste; ils sont doux, patients et adroits; il est remarquable de voir avec quelle rapidité les paysans ont su s'assimiler la pratique de divers métiers. En peu de temps, les uns sont devenus mineurs; les autres, travaillant dans les forges, ont fait des puddleurs, des lamineurs, des forgerons, des ajusteurs, etc., qui ne manquent pas d'habileté. J'ai vu des ouvrages de mine et de mécanique bien exécutés par des ouvriers qui, quelques années auparavant, n'avaient aucune notion des travaux de l'industrie.

La soumission est le caractère général de ces ouvriers, et on n'a pas, du moins quant à présent, à redouter ces revendications sociales qui troublent si souvent, dans d'autres pays, les relations entre les patrons et les ouvriers.

Les hommes du pays vivent dans leurs villages, et les ouvriers du dehors sont logés dans des huttes creusées dans le sol sur une profondeur de 1,50 *m*. Les parois de ces trous sont garnies de murailles en pierres sèches qui supportent la toiture. Celle-ci, dont les pans peu inclinés dépassent seuls le niveau du sol, est établie en bardeaux recouverts de chaume et d'une couche épaisse de terre battue.

On trouve de ces terriers qui ont une longueur d'une trentaine de mètres et une largeur de 5 à 6 *m*. On y accède par des descentes en plan incliné aboutissant à des portes ménagées sur un des longs côtés. D'énormes poêles de construction sont accolés à l'autre paroi. Dans la toiture, de petites lucarnes espacées d'une dizaine de mètres donnent un peu de lumière et très peu d'air quand on les ouvre.

C'est dans ces demeures que la population se presse sans dis-

tinction ni de sexe ni d'âge. L'hygiène est chose inconnue; la propreté même est loin d'être observée, et l'ivrognerie est un défaut très répandu.

Les ouvriers sont très attachés à la pratique de la religion et chôment à toutes les fêtes de leur calendrier. Cette coutume leur fait perdre environ 125 journées de travail par an.

La nourriture des ouvriers a pour base le pain de seigle et les légumes; rarement la viande entre dans sa composition.

Les salaires sont plus élevés dans le Donetz que dans les contrées voisines. En mars 1891, les mineurs travaillant à la journée étaient payés 1 rouble 20 kopecks (1) par journée de 10 heures; les rouleurs, 1 rouble, et les garçons employés au jour pour le triage des pierres, 25 kopecks. Les conducteurs de machines d'extraction recevaient 1 rouble 33 kopecks par jour et les chauffeurs 60 kopecks.

La farine de seigle se vendait, à la même époque, 110 kopecks le poud et le pain blanc, 40 kopecks les dix livres (2).

La plupart des travaux de mine sont donnés à la tâche à des *artelles* ou associations d'ouvriers. Il y a deux traits par jour, l'un à 6 heures du matin, l'autre à 6 heures du soir; chaque poste est de 10 heures de travail.

Le fonçage d'un puits de 2,15 *m* sur 1,80 *m* de section, dans le schiste, se payait en 1891, en dehors de l'épuisement, 60 à 70 roubles par sagène (3). Le fonçage de puits de 2,35 *m* sur 2,15 *m* a été payé, pour les vingt premières sagènes, 100 roubles par sagène y compris le boisage.

Les galeries de roulage se payaient 10 roubles par sagène, boisage compris.

Les galeries de traçage dans la veine de 2,15 *m* de largeur étaient payées 360 kopecks la sagène carrée (4), y compris la pose des chandelles au milieu de la largeur. Pour les galeries de 1,42 *m* de largeur, on ne place pas de chandelles, mais alors la sagène carrée n'est payée que 280 kopecks.

Le dépilage de la houille se payait 3 roubles la sagène carrée dans les couches de 0,70 *m* de puissance et 4 roubles dans les couches d'un mètre, y compris le boisage et l'approchage du charbon.

(1) Au mois de mars 1891, le rouble valait 2,75 *f.*
(2) 1 livre = 0,4095 *kg.*
(3) 1 sagène = 2,134 *m.*
(4) 1 sagène carrée = 4,55 m^2.

M. Vincens estime comme suit la production journalière par homme employé dans l'exploitation de Routchenko :

Rendement moyen par journée de piqueur : 2 1/2 tonnes.

Rendement moyen par homme du fond : 819 *kg*.

Rendement moyen par homme du fond et du jour : 688 *kg*.

L'exploitation des mines est généralement donnée à l'entreprise à un prix déterminé par poud de charbon rendu sur le carreau des puits.

Dans la région du Kalmious, il est payé à l'entrepreneur 2 3/4 kopecks par poud de charbon extrait et mis en stock sur le carreau. Ce prix comprend toutes les fournitures d'outils, de bois, d'explosifs et de main-d'œuvre. Il couvre les dépenses d'établissement des travaux préparatoires d'exploitation dans la veine ainsi que celles pour l'entretien des bâtiments, machines et travaux d'exploitation.

Le prix de 2 3/4 kopecks par poud paraît couvrir largement l'entrepreneur qui trouve à sous-traiter l'exploitation de chaque puits en se réservant un bénéfice de 1/4 kopeck par poud.

La fabrication du coke, à l'entreprise, se fait au prix de 1 1/2 kopeck par poud de coke. Moyennant ce prix, l'entrepreneur prend le charbon tout-venant et rend de 65 à 70 0/0 de son poids en coke. Il paie toutes fournitures, main-d'œuvre et entretien des fours et de l'outillage.

Voici, à titre d'exemple, les prix assez élevés que j'ai vu pratiquer pour différents approvisionnements.

Les rails d'acier pesant environ 1 poud par sagène (7,7 *kg* par mètre), 180 kopecks le poud.

Les berlines, suivant contenance, de 20 à 30 roubles.

Les câbles d'extraction en acier, de 27 *mm* de diamètre, 275 kopecks la sagène.

Les briques d'une qualité médiocre, 150 kopecks le cent.

Les bois de mine de 1 1/2 archine (1) de long, 10 kopecks la pièce.

La poudre de mine, 13 roubles le poud.

La dynamite, 40 roubles le poud.

V. — Débouchés.

Un petit nombre seulement d'exploitations sont reliées aux che-

(1) 1 archine = 0,711 *m*.

mins de fer et la plupart des mines sont obligées de transporter leurs charbons sur essieux à des distances de 10, 15 et même 20 *km*. Quand les chemins deviennent mauvais, on ne peut plus transporter aucune charge utile, même avec les plus forts attelages.

A ces difficultés, il faut ajouter que le port de Marioupol, qui constitue, pour l'exportation, un des principaux débouchés des charbons du Kalmious, est généralement gelé du 15 novembre au 15 mars.

Pendant tout le temps où les transports en gare sont suspendus, les stocks s'accroissent forcément de toute la production.

Quand vient l'été, les transports reprennent leur activité. Mais à ce moment le matériel des chemins de fer devient insuffisant, le mineur ne peut réussir à se procurer les wagons nécessaires à l'écoulement de sa houille.

Plus tard, les ouvriers désertent les mines, l'extraction baisse et aussi les expéditions, faute de bras et de moyens de transport par chars.

Après les moissons, les chemins de fer sont encombrés de céréales destinées à l'exportation par Taganrog et Marioupol ; les charbons trouvent difficilement des wagons.

En résumé, l'écoulement des charbons extraits se fait très irrégulièrement. C'est ainsi que sur 4 820 wagons expédiés du 1er septembre 1888 au 1er septembre 1889 par la station de Yousovo, le mois de novembre n'a vu partir que 125 wagons, tandis qu'en juin les expéditions ont atteint 949 wagons. La station de Jassinovataia a expédié en un an 20 636 wagons avec un minimum de 96 wagons en novembre et un maximum de 2 827 wagons en mai.

L'extraction varie aussi dans des limites étendues. Par exemple, en janvier 1891, une mine avait extrait 377 278 pouds, tandis qu'en mars on n'avait tiré que 190 440 pouds.

On comprend qu'avec de semblables conditions d'exploitation, les stocks sur le carreau des mines et auprès des stations soient quelquefois considérables.

Le prix du transport par chars sur trois verstes (1) varie ordinairement de 6 à 7 roubles les 1 000 pouds.

Quand les propriétaires font eux-mêmes leurs transports, on peut évaluer, pour la même distance, le prix de revient à 5 roubles les 1 000 pouds. J'ai vu, chez un exploitant qui a relié ses sièges d'extraction à l'embarcadère par un tramway à chevaux,

(1) 1 verste = 1 067 *m*.

des transports qui avaient passé de 7 roubles à 3,25 roubles par suite de la création de cette voie ferrée.

Les wagons des chemins de fer sont de 600 pouds, soit 10 *t* de charbon. Le mineur doit livrer par wagon, pour parer au frai de route, 609 pouds.

Le prix de vente sur le carreau de la mine du charbon gras tout-venant a été dans le Donetz :

En 1886,	de 6 3/4 à 7 1/2	kopecks le poud.
— 1887	— 5 à 5 3/4	—
— 1888	— 7 1/2 à 9 1/2	—
— 1889	— 6 à 7 1/2	—
— 1890	— 6 à 6 1/2	—
— 1891	— 5 1/4 à 5 3/4	—

Les paysans qui ont ouvert sur leurs terrains des exploitations rudimentaires produisant des charbons très impurs, ont dû baisser leur prix de vente jusqu'à 4 kopecks par poud. Ces petites exploitations qui sont en grand nombre sont une des causes de la baisse des charbons dans la région du Donetz.

Il convient de remarquer que le charbon importé par les ports de la mer Noire et de la mer d'Azov paie un droit de douane de 3,66 *f* par tonne. Le coke paie 6,10 *f*.

La fabrication du coke métallurgique a pris un grand développement ; c'est un produit demandé par les hauts fourneaux de la région. Le prix de vente était de 16 kopecks le poud en 1890 et de 14 kopecks en 1891.

Les charbons du Donetz ont un vaste marché dont les besoins vont sans cesse en grandissant.

La distillerie et la sucrerie prennent de l'accroissement.

Les chemins de fer et la navigation fluviale et maritime emploient toujours davantage le charbon du Donetz.

La métallurgie prospère, protégée par des tarifs de douane élevés (1). Les hauts fourneaux, les forges et les industries de transformation du fer et de l'acier augmentent leurs demandes de combustibles.

Il faut citer, parmi les consommateurs les plus importants des charbons du Donetz, les deux grandes usines métallurgiques récemment établies dans le gouvernement d'Ekaterinoslav.

La première est l'usine Alexandrowsk fondée en 1885 par la

(1) Le droit de douane sur la fonte, qui était de 14,60 *f* par tonne, a été augmenté à plusieurs reprises depuis 1884 ; il est actuellement de 73 *f* par tonne de fonte importée par mer et de 85 *f* pour les importations par terre.

Société des usines de Briansk (1). Jusqu'à cette époque, toute la fonte nécessaire aux importantes usines de cette Société venait d'Écosse.

Pour s'affranchir de cette coûteuse importation, la Société décida la création de hauts fourneaux dans la Russie méridionale.

La nouvelle usine, dite Alexandrowsk, mise à feu le 10 mai 1886, est aux portes mêmes d'Ekaterinoslav, en façade sur la rive droite du Dnieper qui, à cet endroit, a plus d'un kilomètre de largeur. Elle est donc située entre les minerais de Krivoï-Rog et les houilles du Donetz. Elle comprend deux hauts fourneaux à enveloppe de tôle, de 20 *m* de hauteur, pouvant produire chacun 75 *t* de fonte par 24 heures, une immense halle de puddlage pour fer marchand, une aciérie Martin et une aciérie Bessemer. Le train dégrossisseur pour rails et poutrelles est actionné par une machine réversible de 3 000 *ch*. Un train finisseur à tôles et un pour poutrelles et gros profils sont entraînés par une machine de 3 000 *ch* également.

L'usine Alexandrowsk possède aussi des ateliers de réparation, une fonderie, une briqueterie et une importante fabrique de coke lavé.

Tout le matériel de cette usine : marteaux-pilons, laminoirs, moteurs, machines soufflantes, chaudières, machines-outils diverses, a été construit à Briansk.

En mars 1890, l'usine Alexandrowsk occupait 1 500 ouvriers.

Depuis, un troisième haut fourneau a été mis en feu et sa pre-

(1) Cette Société, constituée en 1873, a construit à Briansk, sur la Desna, affluent du Dnieper, dans le gouvernement d'Orel, une usine destinée à la transformation des vieux rails en fer, à la fabrication du fer marchand à l'aide du bois et des fontes d'Ecosse et à la construction des ponts et charpentes métalliques.

En 1876, on ajouta une aciérie Siemens avec laminoir à rails d'acier et l'on commença la construction d'une aciérie Bessemer.

En 1879, on construisit un laminoir à tôle et un train pour les grands profilés à l'usage des constructions navales.

Puis on créa d'importants ateliers pour la construction des wagons, des chaudières et des machines. Et, en 1884, on installa sur la Desna un chantier pour la construction des bateaux à vapeur destinés à la navigation du Dnieper.

Depuis cette époque, de nouvelles installations et des perfectionnements sans nombre ont fait des usines de Briansk un établissement de premier ordre qui occupe 5 000 ouvriers.

Actuellement, on y fabrique le fer et l'acier sous toutes leurs formes, y compris l'acier coulé à l'aluminium.

On y produit les essieux, les roues et les bandages pour locomotives et wagons, la clouterie, la boulonnerie et la ferrure.

On y voit d'importantes fonderies de fonte et de cuivre.

Une chaudronnerie de fer et de cuivre livre des générateurs de divers systèmes, des wagons citernes, des ponts et des charpentes.

Une fabrique de tubes fournit des produits en acier doux soudé et en cuivre.

Un bel atelier de mécanique construit des machines-outils et des moteurs, des matériels de sucrerie.

Il sort aussi des ateliers de Briansk un grand nombre de wagons à marchandises et de voitures à voyageurs pour les chemins de fer.

mière coulée a été faite le 17 avril 1891. Ce haut fourneau doit produire 130 tonnes de fonte par 24 heures.

Comme on le voit, l'usine Alexandrowsk est un établissement considérable et puissamment outillé. J'ai appris qu'on y construisait encore deux nouveaux hauts fourneaux.

La seconde usine est celle de Kamenskoï située également sur la rive droite du Dnieper, à 37 *km* en amont d'Ekaterinoslav. Cette usine est reliée au chemin de fer Catherine par un embranchement de 7 *km*.

Les établissements de Kamenskoï appartiennent à la Société métallurgique Dnieprovienne fondée en 1886, au capital de 5 millions de roubles, par la Société Praga dont le siège était à Varsovie et la Société Cockerill de Seraing. On y traite les minerais de Krivoï-Rog à l'aide des charbons du Donetz.

L'usine comprend deux grands hauts fourneaux produisant chacun 100 *t* de fonte par 24 heures, une halle de puddlage avec 10 fours doubles, une aciérie Bessemer et une aciérie Martin avec train à rails trio, gros train pour essieux et profilés, train à bandages, train à tôle forte, train universel, deux trains à tôle fine, train moyen et petit train à verges.

L'usine de Kamenskoï comprend également un grand atelier de mécanique, une fonderie de fer et de cuivre, une grande briqueterie réfractaire et une fabrique de coke composée de deux lavoirs à charbon et de 180 fours Coppée.

Le personnel de ces établissements comprend environ 300 ouvriers.

On vient de construire à Kamenskoï un nouveau haut fourneau de grandes dimensions qui sera mis à feu en octobre 1892. Un quatrième, plus petit, destiné à la fabrication du spiegel, sera mis en service en janvier 1893.

Il existe aussi diverses fabriques importantes de tubes et de divers produits en fer et en acier.

Il se construit encore dans cette contrée plusieurs hauts fourneaux dont un par la Société française des minerais de Krivoï-Rog et deux à Yousovo.

La Société des forges et aciéries du Donetz qui vient d'être créée par la Société de Huta-Bankowa à Dombrowa (Pologne), va commencer sous peu la construction de plusieurs hauts fourneaux à Constantinovka près du Kalmious.

Les charbons du Donetz remplacent peu à peu le bois pour les usages domestiques dans un rayon assez étendu. Il atteint Toula,

Moscou, Kiew, où il alimente, de plus, de nombreuses fabriques.

Par Marioupol et Taganrog, les charbons vont à Sébastopol et Nicolaïev où ils sont consommés dans les établissements militaires et par la flotte de guerre, et à Odessa, où déjà, depuis 1886, certains exploitants ont établi des dépôts. Mais les mineurs doivent payer au comptant le transport par chemin de fer et quelquefois même le fret maritime, ce qui exige un fonds de roulement considérable et gêne le développement des débouchés.

Le tableau suivant montre l'accroissement de la consommation de houille depuis 1888. Il est dressé d'après les expéditions faites par voie ferrée et ne comprend pas les consommations locales ni l'anthracite:

DÉSIGNATION des CONSOMMATEURS	NOMBRE DE TONNES CONSOMMÉES EN			
	1888	1888-99	1889-90	1890-91
Chemins de fer.	603 660	779 600	668 200	627 160
Ports de la mer Noire . . .	4 590	8 560	5 040	»
Usines à Gaz.	20 050	24 680	31 910	30 430
Navigation à vapeur	101 300	115 040	138 870	152 140
Usines métallurgiques . . .	41 370	130 460	294 350	434 170
Sucreries	204 820	323 260	210 590	171 210
Consommations diverses . .	458 140	529 140	619 640	645 440
TOTAUX.	1 433 930	1 910 740	1 968 600	2 060 550

D'après la statistique officielle de l'industrie minérale en Russie, le bassin du Donetz a produit en 1888:

Houille.	1 725 085 *t*
Anthracite	516 876
ENSEMBLE	2 241 961 *t*

Et, d'après un *aperçu préliminaire de la statistique de 1889*, la production du Donetz en 1889 serait:

Houille.	2 402 630 *t*
Anthracite	724 731
ENSEMBLE	3 127 361 *t*

Comme on le voit par le tableau ci-dessus, les quantités de combustibles consommées par les usines métallurgiques ont décuplé en quatre années.

L'accroissement de la consommation des usines à gaz et celui des fournitures faites à la navigation a été de 50 0/0 durant les quatre années considérées.

Les consommations diverses : chauffage domestique et industriel, ont augmenté de plus de 40 0/0.

Les transports sur les lignes de la Compagnie du chemin de fer du Donetz se font suivant un tarif dont la base parait être $\frac{1}{55}$ kopeck par poud et par verste. En plus du transport, on paie, pour divers frais, 3 roubles par wagon expédié.

Les wagons des chemins de fer du Donetz peuvent basculer, ce qui leur permet d'utiliser les engins mécaniques installés sur le quai neuf du port de Marioupol.

Ces engins permettent d'élever les wagons et de verser d'un seul coup leur contenu dans les navires. La redevance pour ce chargement est de $\frac{1}{2}$ kopeck par poud.

Mais quand les charbons sont expédiés sur des wagons qui ne basculent pas, ils doivent être conduits au vieux port de Marioupol où ils sont transbordés dans les navires à dos d'hommes. Le coût de cette manutention est de 2 kopecks par poud.

Les frets de Marioupol pour les ports de la mer Noire sont toujours assez abondants.

Conclusions.

Les richesses houillères du Donetz sont immenses. Si l'on osait tenter la multiplication de la surface du bassin apparent par la puissance reconnue de l'ensemble des couches exploitables, on arriverait à un cubage absolument colossal et, en appliquant au produit de cette opération arithmétique le plus prudent des coefficients, on conclurait à bien des milliards de mètres cubes. Sans risquer ce calcul aventureux, on peut affirmer que ce riche district pourra alimenter pendant des siècles les besoins de toutes les parties de l'empire russe accessibles à ses produits, qu'il pourra suffire au développement de la métallurgie et des industries agricoles et chimiques et que l'on peut y puiser sans crainte les éléments d'une exportation maritime que comporte sa situation géographique.

La régularité de gisement, la variété des sortes de combustibles, la qualité généralement satisfaisante, les conditions favorables de l'exploitation et les aptitudes déjà éprouvées de la population permettent de présager à ce riche district un magnifique développement. La progression remarquable de la production depuis la construction des chemins de fer est un sûr garant de ce brillant avenir.

L'extraction annuelle qui n'atteint pas actuellement 4 millions de tonnes, peut être considérée comme encore très faible, tant par rapport à la capacité de production qu'en regard des débouchés possibles.

Je me permettrai de présenter quelques indications sommaires sur les moyens d'atteindre rapidement une production mieux en rapport avec les besoins et avec les ressources disponibles.

Le tréfonds appartient au propriétaire de la surface et cette législation a produit au Donetz les fâcheux effets qu'elle a amenés dans d'autres pays. Il est à souhaiter que, comme il en est question, le gouvernement constitue les mines en propriété distincte.

Le réseau des chemins de fer du district houiller n'est pas assez développé (1) et l'exploitation n'y est pas assez bien organisée. Le gouvernement, les Compagnies et les exploitants devraient unir leurs efforts pour resserrer les mailles de ce réseau et pour le pourvoir d'un matériel suffisant. Les capitaux que demandent ces entreprises seraient assurés d'un rendement satisfaisant.

En reliant aux chemins de fer les sièges d'exploitation, on fera disparaître les charges et les inconvénients des charrois, l'irrégularité de l'extraction, l'entretien d'énormes stocks et la détérioration du charbon.

Il conviendra, pour favoriser le recrutement des ouvriers et pour fixer dans le pays une population sédentaire de mineurs, d'améliorer sous tous les rapports les conditions d'existence du personnel.

Bien qu'on entende soutenir que les mineurs préfèrent à des maisons saines et convenables les réduits humides et infects où ils s'entassent dans une dégradante promiscuité, il n'est pas douteux que l'on trouvera avantage à améliorer leur habitation en ayant égard aux conditions spéciales du climat.

(1) Ce réseau correspond à 45 *km* pour 1 000 km^2. Dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais, on trouve, en comptant de la même manière, 350 *km* par 1 000 km^2, soit près de huit fois autant.

Les exploitants devraient aussi assurer à leur personnel les ressources d'une meilleure alimentation, les soins nécessaires en cas de maladies ou de blessures. En aménageant les eaux superficielles, en utilisant celles qu'on extrait des mines, on pourra doter chaque maison d'un jardin.

Déjà plusieurs mines de premier ordre ont introduit dans le pays ces divers progrès et d'autres encore ; on trouvera donc aisément des exemples à imiter. D'ailleurs, dans presque toute l'Europe, les modèles abondent, et, sans vouloir transporter de toutes pièces dans le pays du Donetz les dernières formules d'une philanthropie sagement intéressée, on peut émettre le vœu de voir adoucir le sort des ouvriers de la Russie méridionale.

On a vu que l'exploitation très primitive des paysans cède peu à peu la place à des travaux mieux entendus. La plupart des mines ne sont cependant pas encore organisées comme le voudrait une production active et régulière. Il est temps de songer aux règles qui conviennent en tout lieu à une exploitation raisonnée, assurée de l'avenir.

Il est vrai que, le plus souvent, l'espacement des couches et leur faible puissance n'appellent pas ces installations grandioses que comportent les gisements où la richesse minérale est plus condensée. Mais il n'en est pas moins certain que bien des progrès s'imposent dès à présent.

Les moyens d'extraction, d'épuisement et d'aérage sont, en général, trop limités.

Pour assurer la sécurité et la régularité de l'exploitation, il faudrait se mieux pourvoir contre les dangers de l'eau et du grisou. Il faudrait remblayer si l'on veut éviter les dislocations des terrains et ménager l'avenir.

La régularité des couches permettra l'emploi avantageux des procédés mécaniques pour les travaux préparatoires et pour l'abatage.

La méthode par piliers et galeries qui paraît assez bien convenir à l'extraction irrégulière et même saccadée qu'amènent actuellement l'instabilité des ouvriers, les interruptions des charrois et l'insuffisance des transports par chemin de fer, présente le grave inconvénient de réduire en menu souillé de schiste des charbons souvent friables. On sera sans doute conduit à l'abandonner pour parvenir à une production régulière.

On renoncera en même temps au système des entrepreneurs généraux d'exploitation. Entre autres défauts, ce régime, dans

lequel celui qui abat le charbon n'est pas directement intéressé à en faciliter la vente, contribue à la production d'un menu fort impur là où l'on pourrait sortir un tout-venant mieux composé et laissant moins de cendre.

Et lorsque, par ces divers moyens, on sera en possession d'extraire d'une façon régulière et intensive le meilleur tout-venant que permette la nature des couches, il restera à le transformer, par des moyens appropriés, en charbon marchand. On devra viser la production d'un combustible que puissent accepter la marine et le commerce.

On est bien loin de cette situation. On nettoie à peine le tout-venant; on ne pratique en général ni classement ni lavage. On fait le plus souvent le coke avec la houille non lavée et en fours ouverts; on ne produit pas d'agglomérés. On sera bientôt amené à ces diverses préparations du charbon, si l'on veut en augmenter les débouchés et en assurer l'exportation.

Et, au fur et à mesure que ces diverses améliorations seront réalisées, on verra augmenter l'activité de l'exploitation; on verra les charbons russes conquérir sur la mer Noire, sur la Méditerranée, à Port-Saïd et à Constantinople la place importante qui leur appartient.

ANNEXE

Liste bibliographique sur le bassin du Donetz.

Voyage dans la Russie méridionale, par H. Le Play.

Annales des mines, 2e série, 1839. — Note sur les terrains d'une partie de la vallée du Donetz, par Léon Lalanne, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Revue universelle des mines, de la métallurgie, des travaux publics, des sciences et des arts appliqués à l'industrie.

1871.— Deuxième semestre. — Le bassin houiller du Sud de la Russie, sa situation, sa constitution et son importance industrielle, par Adolphe Erbreich.

1879. — Deuxième semestre. — Les richesses minérales de la Russie d'Europe, par P. Hagemans, Ingénieur à Mariemont.

Bulletin de la Société de l'industrie minérale. — Saint-Étienne.

1883. — Bassin houiller du Donetz, par M. A. Payen, Ingénieur des mines de Janon, Reveux et Comberigole, à Terrenoire.

1889. — Rapport de la commission des délégués à la douzième Assemblée des exploitants de la Russie méridionale. Traduction par M. Vincens, ancien directeur des mines de Routchenko, ingénieur à Privas.

1889. — Le bassin houiller du Donetz et les richesses minérales du Sud de la Russie, à l'exposition nationale de Kharkov, en Octobre 1887. par le même auteur.

Le Génie Civil.

1882-83, volume III. — Le bassin houiller du Donetz, par M. Monin.

1890. — Deuxième série, volume XVII. — Aperçu général sur l'industrie houillère dans le bassin du Donetz, par M. Ch. Talansier.

Compte rendu des délégués du Congrès des mineurs du Sud de la Russie. — Kharkov. (Paraît chaque année depuis 1874.)

Description de la partie occidentale du bassin houiller du Donetz. — Rédigée par MM. Nosof, ingénieurs des mines, sur la base des recherches géologiques effectuées par eux et des levés opérés de 1866 à 1869. Saint-Pétersbourg, 1869.

Avec une carte à l'échelle de dix verstes par pouce, en deux grandes feuilles.

Carte des mines de charbon et des chemins de fer de la partie Ouest du bassin du Donetz. — Echelle de dix verstes par pouce, par A. Mevius. — Kharkov, 1884.

Carte minière du bassin houiller du Donetz.

Échelle de dix verstes par pouce, par A. Mevius. — Kharkov, 1890.

Recueil des renseignements statistiques sur l'industrie minérale de la Russie. — Saint-Pétersbourg.

Bassin du Donetz. — Son passé, son présent, son avenir, par V. Islavine. — Saint-Pétersbourg, 1881. Imprimerie Trenké et Fusnot. — Maximilianovsky, pér. 15.

CHRONIQUE

N° 149.

SOMMAIRE. — Emploi de la vapeur surchauffée dans la marine. — Ventilation du tunnel de Saint-Clair. — Conduite de pétrole en tubes Mannesmann. — Tramways à câbles. — Explosions de chaudières en Allemagne.

Emploi de la vapeur surchauffée dans la marine. — Nous avons, dans nos Chroniques de juillet et août 1891, reproduit les rapports de notre collègue M. Walther Meunier, relatifs aux résultats obtenus en Alsace avec des surchauffeurs de vapeur, et dans le Bulletin de mars 1892, M. Thareau a consacré un intéressant mémoire à cette même question de la surchauffe.

Nous avions eu déjà l'occasion de nous étonner de ce que toutes les fois qu'il est parlé de la surchauffe à un point de vue historique, on se borne à citer la machine classique du Logelbach et on parait oublier généralement que la surchauffe a été l'objet, il y a vingt-cinq ans, d'applications extrêmement importantes et étendues. Nous trouvons de nouveau dans le mémoire de M. Thareau : « Je vous dirai ensuite les causes qui ont fait que, malgré des avantages aussi nettement établis, la question est restée stationnaire pendant de longues années » ; et plus loin : « Comment se fait-il que la vapeur surchauffée dont les avantages ont été mis en évidence par Hirn, il y a plus de trente ans, d'une façon si frappante, soit restée sans application industrielle, ou du moins n'ait donné lieu, jusque dans ces dernières années, qu'à des applications très restreintes en ce qui concerne son emploi dans les machines à vapeur ? »

Il est certain que si par applications industrielles notre collègue a entendu se limiter aux machines à vapeur fixes, son observation est exacte dans une certaine mesure, mais nous pensons que cette expression doit s'étendre à l'industrie maritime, celle, sans contredit, qui emploie les moteurs les plus puissants et, dans ce cas, il est utile de rappeler que c'est là que la surchauffe a, jusqu'ici, reçu ses applications les plus importantes. Il est probable que bien des personnes seront quelque peu étonnées d'apprendre que de 1860 à 1870 il s'est construit peu de grandes machines marines sans surchauffeurs et que les applications de la surchauffe se sont, dans cette période, étendues à *plusieurs centaines de mille chevaux*.

Les origines de la surchauffe sont assez obscures.

Il semble qu'on ait d'abord produit directement la vapeur surchauffée. Les chaudières à serpentin de Perkins dont le tiers du développement ne contenait que de la vapeur chauffée directement par les produits de la combustion à une température de 500°, celles de Gurney, Hancock, etc., les générateurs à bain de mercure de Howard à vaporisation instantanée datent d'avant 1830 ; ces derniers reçurent quelques années

plus tard une application sérieuse sur les vapeurs *Vesta* et *Comet* dont le dernier exécuta avec succès, dit-on, un voyage, aller et retour, entre Falmouth et Lisbonne; ce succès n'empêcha pas le système de disparaître immédiatement et sans retour.

Quant à la surchauffe de la vapeur saturée après sa production, on ne trouve que des appréciations assez vagues à son égard antérieurement à 1850 (1). La plupart des ouvrages sont absolument muets sur cette question. Ainsi l'ouvrage très estimé de nos regrettés collègues Mathias et Callon, sur la *Navigation fluviale par la vapeur*, Paris 1846, où on trouve des renseignements détaillés sur l'emploi de la haute pression, des enveloppes de vapeur, de la condensation par surface, etc., ne mentionne pas la surchauffe. On ne trouve rien à ce sujet dans Tredgold. Le traité de Bourne, *the Steam Engine*, 1846, dit quelques mots du principe, mais sans citer d'application. « On est loin d'être d'accord sur le fait de l'utilité de la vapeur surchauffée dans les machines; la théorie semble être en faveur de son avantage, mais l'impression générale parmi les ingénieurs est contre. Quant à nous, nous ne saurions être de ce dernier avis et les calculs que nous allons donner ci-après, d'après l'*Artizan*, semblent indiquer que l'emploi de la vapeur surchauffée doit être suivi d'une certaine économie de combustible. »

Dans la « Vie de I. K. Brunel », Londres 1870, dans la partie consacrée au *Great-Eastern*, on peut voir des extraits des notes journalières de Brunel où, à la date du 11 juillet 1853, se trouve ce passage très curieux : « Pour les deux moteurs on devra employer tous les moyens connus pour augmenter l'effet utile : 1° une grande puissance de chaudières; 2° une détente notable, par exemple une introduction au plus égale à la moitié de la course; 3° une pression effective d'au moins 20 livres par pouce carré (1,5 *kg*) et si possible 25; 4° des enveloppes de vapeur aux cylindres, aux couvercles et fonds de ceux-ci avec alimentation de ces enveloppes par de la vapeur fournie à une pression d'au moins 10 livres supérieure à celle des chaudières par un générateur spécial (2), et il

(1) Dans la chronique d'avril 1892, page 549, nous avons reproduit un mémoire de Joseph Gill daté de 1843 où on trouve quelques indications sur les avantages présumés de la surchauffe.

(2) Cette alimentation des enveloppes par de la vapeur à pression plus élevée fournie par une chaudière spéciale a été l'objet d'innombrables propositions; le hasard vient de nous faire connaître une application qui est, sinon la seule, du moins probablement la plus ancienne. Dans un article sur la Théorie mécanique de la chaleur de M. C. Brun, ancien ingénieur de la marine, inséré dans la *Revue maritime et coloniale*, mai 1892, on trouve ce qui suit : Un essai d'alimentation des enveloppes de vapeur par une chaudière spéciale à pression supérieure a été fait en 1864 sous la direction et sur la proposition de M. Brun sur l'aviso *la Mégère*. Un foyer sur dix qui forment l'appareil évaporatoire a été séparé de cet appareil avec la surface de chauffe correspondante et a été destiné à alimenter les enveloppes de vapeur de l'appareil moteur. Les expériences comparatives ont donné les résultats suivants :

	Pression moyenne effective avec cylindres.
Enveloppes vides, pression à la chaudière. c 84 42	60 54 cent.
Enveloppes remplies de vapeur à la pression de la chaudière . . . . . c 84 87	60 17 —
Enveloppes remplies de vapeur à 5 atmosphères, la pression à la chaudière étant de. c 84 75	64 59 —

Les pressions moyennes effectives sont en centimètres de mercure et donnent la mesure proportionnelle de la puissance développée.

L'économie de combustible a été évaluée à 9 0/0 pour les enveloppes à la pression

serait bien désirable de faire quelques essais pour apprécier s'il ne serait pas avantageux d'adopter des dispositifs pour surchauffer la vapeur avant son arrivée aux machines. »

Ces dernières propositions furent vivement combattues par les constructeurs qui furent consultés, notamment par Field de la grande maison Maudslay et Field. Il ne fut pas mis d'enveloppes aux cylindres et Brunel dit avoir toujours regretté de n'avoir pas suffisamment insisté pour les faire employer. Mais les chaudières des machines à hélice du *Great Eastern* établies par James Watt et Cie furent munies de surchauffeurs dès la construction primitive en 1857-58; c'étaient des surchauffeurs formés de caisses parallélipipédiques remplies de tubes verticaux traversés par la fumée, caisses placées à la base des cheminées ainsi qu'on peut le voir dans un dessin de l'ouvrage de Bourne : *Recent improvenents in the steam engine, 1869*. L'emploi sérieux de la surchauffe en marine est en partie venu à la suite des expériences faites par un Américain Wethered, de Baltimore, qui, vers 1853 ou 1854, proposa l'emploi de ce qu'il appelait vapeur combinée, qui n'était autre chose qu'un mélange de vapeur surchauffée dans un serpentin à la suite de la chaudière avec de la vapeur ordinaire. On a fait remarquer qu'un Français, Sorel, bien connu pour diverses inventions utiles, avait proposé ce procédé dix ou douze ans avant Wethered; il n'en est pas moins vrai que ce dernier eut le mérite d'en faire l'application et d'appeler ainsi l'attention sur la question de la surchauffe de la vapeur.

Les expériences de Wethered sont rapportées très en détail dans l'ouvrage de R. Murray *A Treatise on Marine Engines*, édition de 1858.

L'inventeur a été conduit à admettre que si une certaine quantité de vapeur est prise dans une chaudière et chauffée ensuite à une température élevée, puis mélangée avec de la vapeur ordinaire, un poids donné de combustible produit plus de travail utile avec ce mélange que s'il avait été employé à faire de la vapeur ordinaire.

Le surchauffage de la vapeur s'opérait à la base de la cheminée dans une sorte de serpentin, cette vapeur était amenée à la boîte à tiroir de la machine et y rencontrait le courant de vapeur ordinaire avec laquelle elle se mélangeait. La température de la première étant de 205° centigrades et celle de la seconde 115, la température du mélange était de 150° environ.

Nous n'entrerons pas dans l'examen des considérations invoquées par l'inventeur pour justifier cette disposition qu'il prétendait bien supérieure à l'emploi de la vapeur surchauffée pure. Il est très probable que la raison principale était la possibilité de patenter un procédé, alors que la surchauffe pure de la vapeur était dans le domaine public.

Les premières expériences furent faites en Amérique sous la direction d'un ingénieur de la marine des États-Unis, d'abord sur une chaudière de bateau à terre, puis sur un navire. Dans le premier essai, on mesurait le travail en eau montée, on opéra successivement avec de la vapeur ordinaire, de la vapeur surchauffée et la vapeur combinée. La première varia en température de 110 à 117°, la seconde de 170 à 214 et la troi-

de la chaudière et à 14 0/0 pour les enveloppes avec de la vapeur à haute pression. Malgré ces résultats favorables, il ne paraît pas avoir été donné suite à cette disposition.

sième de 137 à 155° ; celle-ci était composée de 1 de vapeur surchauffée pour 3 de vapeur saturée.

Le travail obtenu pour le même poids de combustible a été respectivement pour les trois cas 790, 1 303 et 1 625. Si donc l'emploi de la vapeur surchauffée augmente l'effet utile de 65 0/0, celui de la vapeur mélangée l'accroît de 106 0/0, donnant ainsi une augmentation de 25 0/0 sur la vapeur surchauffée.

On fit ensuite l'essai sur le vapeur *Joseph Johnson*, sur l'Hudson ; c'était un remorqueur mû par une machine à cylindre unique de 0,80 *m* de diamètre et 2,05 *m* de course. La chaudière avait des carneaux en prolongement du foyer et d'autres en retour en dessus.

La vapeur était surchauffée dans des tubes partant de la cheminée et circulant dans les deux jeux de carneaux.

Voici les résultats obtenus :

	Vap. saturée.	Vap. mélangée.
Durée des essais.	9 h. 53′	9 h. 50
Pression de la chaudière.	1,36 *kg*	1,29 *kg*
Température de la vapeur surchauffée. . . .	»	300°
— du mélange.	»	176°
Nombre de tours moyen par minute	19,3	20,2
Poids d'anthracite brûlé par heure	301 *kg*	199 *kg*

L'économie est donc de 33 0/0.

Une autre série d'expériences faites sur la même machine, avec la précaution d'avoir des nombres de tours égaux dans les deux cas, a donné des dépenses respectives de combustible à l'heure de 205 *kg* pour la vapeur saturée et 131 *kg* pour la vapeur mélangée ; l'économie est dans ce cas de 36,5 pour 100.

Il est à remarquer que l'ouvrage de R. Murray auquel nous empruntons ces chiffres indique les jours et mois des expériences, mais pas les années. On doit supposer qu'il s'agit de 1853 ou 1854.

Cet ouvrage donne ensuite les chiffres relevés dans des expériences faites en France et qui sont les suivantes :

	VAPEUR SATURÉE	VAPEUR SURCHAUFFÉE	VAPEUR COMBINÉE
Pression moyenne à la chaudière.	2 atm.	2,4 atm.	2,35 atm.
Nombre de tours en quatre heures. . . .	7 892	7 886	7 886
Consommation totale de combustible. . . .	151 *kg*	98,8 *kg*	72 *kg*

La commission française, chargée de suivre ces essais, a conclu que :

1° L'emploi de la vapeur surchauffée a réduit par rapport à la vapeur saturée la consommation de combustible dans le rapport de 100 à 65 ;

2° L'emploi du mélange de vapeur surchauffée et de vapeur saturée donne par rapport à celui de la vapeur surchauffée seule une économie de 26 0/0, et, par rapport à la vapeur saturée, une économie de 53 0/0.

L'auteur anglais ne donne aucune indication sur les circonstances

dans lesquelles ont eu lieu ces essais en France, mais les rapports officiels sur l'Exposition universelle de 1855 indiquent que le Jury a fait des expériences sur un moteur à vapeur mélangée exposé par MM. Wethered, de Baltimore, moteur basé sur une idée émise dix ans auparavant par Sorel, et ce sont très probablement ces expériences dont il vient d'être question.

Voici, du reste, le texte du rapport du Jury international ; rapporteur M. Fournel, Ingénieur en chef des mines, secrétaire de la commission centrale des machines à vapeur :

« MM. Wethered frères, de Baltimore, ont envoyé une machine horizontale avec une chaudière particulière qui, à certains égards, est à proprement parler la pièce exposée. Celle-ci est tubulaire, verticale, et à son extrémité se trouve une espèce de serpentin que la flamme vient lécher et dans lequel passe la vapeur pour se surchauffer. Cette vapeur surchauffée se rend à la boîte de distribution, mais cette boîte reçoit aussi d'un tube qui part directement de la partie supérieure du corps de la chaudière une certaine quantité de vapeur non surchauffée, de sorte que c'est le mélange de ces deux vapeurs que la boîte de distribution envoie dans le cylindre. Cette idée et un appareil tout à fait analogue ont été produits il y a plus de dix ans par M. Sorel, bien connu par diverses inventions (1) et qui paraît n'avoir pas donné suite aux tentatives qu'il a faites dans cette voie. Mais précisément parce que cette voie peut conduire à de bons résultats, comme la théorie l'indique et comme semblent le confirmer quelques expériences faites sur la machine exposée, le Jury a pensé devoir accorder un encouragement (médaille de deuxième classe) à la suite que MM. Wethered frères entreprennent de donner à l'idée de M. Sorel. »

Les essais de Wethered sont mentionnés dans le mémoire sur la vapeur surchauffée présenté par Hirn à la Société de Mulhouse dans la séance du 29 octobre 1856, mémoire où cette question est traitée d'une manière magistrale. Nous nous arrêterons un instant sur ce mémoire, tant à cause de sa grande valeur et du nom de son auteur que parce qu'il constitue pour beaucoup de personnes tout ce qui a été écrit sur la surchauffe. Disons tout de suite qu'il forme pour ainsi dire la suite d'un premier mémoire présenté par Hirn sur la question des enveloppes de vapeur dans la séance du 25 avril 1855. Dans ce travail, l'auteur indique très nettement l'utilité de la surchauffe et apporte un essai rudimentaire fait par lui au moyen de deux cylindres en tôle placés à côté de la chaudière, chauffés par la fumée et traversés par la vapeur qui se rend à la machine.

Hirn relate ici une note de l'*Illustrated London News* où on signale l'application à des locomotives express du *London and North-Western Ry* d'un surchauffeur placé dans la boîte à fumée et qui augmenterait l'effet utile dans une large mesure : « No less than 50 p. 100 of elastic force beeing obtained by this application. » Cette rédaction seule suffirait pour faire voir que le renseignement n'est pas emprunté à un journal technique ; elle semble impliquer l'idée, d'ailleurs trop répandue.

(1) L'appareil surchauffeur de Sorel est décrit dans la *Publication industrielle* d'Armengaud, tome VI, page 430.

que la surchauffe augmente la pression de la vapeur par rapport à celle de la chaudière. Nous n'avons rien retrouvé sur cette application aux locomotives, mais dans une communication de John Wethered à l'*Institution of Civil Engineers*, le 27 mars 1860, sur la question de la vapeur combinée, M. Lavington E. Fletcher rappelait qu'il y a 15 ans il y avait au *Great Western* deux locomotives munies de surchauffeurs tubulaires dans la boîte à fumée et que le constructeur Hawthorn, de Newcastle, avait fait il y a déjà longtemps plusieurs locomotives avec un retour de tubes servant à sécher et surchauffer la vapeur, type qui ne s'est pas répandu (1). On a rappelé aussi que Ericsson avait employé la surchauffe vers 1833 ou 1834 et s'était heurté à des difficultés pratiques. (Voir Chronique de mars 1889, page 587.)

Dans le second mémoire (octobre 1856) se trouve le passage suivant : « A l'époque où j'écrivais ces lignes (1er mémoire) l'expérience avait peut-être déjà parlé par plusieurs observations; en tout cas, depuis lors, la question a fait du chemin et ce que je n'avançais qu'avec réserve est aujourd'hui démontré comme vrai. On a vu fonctionner au Palais de l'Industrie deux moteurs à feu basés sur des principes nouveaux, l'ingénieuse machine de M. Siemens et la machine de M. Wethered. Cette dernière est un moteur à vapeur fondé réellement sur le principe de la surchauffe. On se rappelle sans doute qu'elle fonctionne à l'aide d'un mélange de vapeur saturée et de vapeur surchauffée. Bien que les constructeurs, au moins d'après ce qui a été publié sur ce moteur, se soient certainement fait illusion sur les résultats réels, il paraît cependant que ceux-ci sont fort satisfaisants en eux-mêmes et évalués strictement. M. Farcot, l'un de nos plus habiles constructeurs, m'a dit avoir essayé d'échauffer la vapeur au-dessus de son degré naturel et avoir obtenu ainsi un avantage marqué en combustible, particulièrement avec les machines sans enveloppe de vapeur, ce qui, comme on le verra plus loin, est parfaitement d'accord avec mes recherches et aussi avec la théorie. »

Le mémoire indique ensuite les deux applications faites par l'auteur, l'une à une machine Woolf de 112 *ch* et l'autre à une machine à un seul cylindre de 110 *ch*.

Pour terminer avec Wethered et la vapeur combinée, disons qu'un essai fut fait en Angleterre au commencement de 1856 sur le yacht de l'Amirauté *Black Eagle* et peu après sur le transport de la marine royale *Dee*. Ces expériences sont rapportées avec beaucoup de détails dans l'ouvrage déjà cité de R. Murray. Le contrôleur de l'Amirauté concluait à une économie de 18 0/0 pour le *Black Eagle* et de 31 pour le *Dee*. Murray fait observer avec quelque raison que ces différences s'expliquent par le fait que moins la chaudière est efficace en elle-même, plus l'appareil additionnel donne de bénéfice, par la double raison de l'humidité de la vapeur surchargée d'eau et de la température élevée de la fumée; si une chaudière, donnant de la vapeur presque sèche et ne laissant échapper les gaz de la combustion qu'à une température relativement basse, a peu

(1) Le journal *Engineer*, du 4 octobre 1861, rapporte qu'un surchauffeur système Martin a été appliqué avec succès à plusieurs locomotives du *Grand Trunk Ry*, au Canada; on a réalisé une notable économie de combustible; l'article donne des chiffres à ce sujet.

de chose à gagner avec la surchauffe, il en sera tout autrement avec un générateur réalisant des conditions diamétralement opposées. Si le moyen proposé peut améliorer à peu de frais de mauvaises chaudières, il n'en est pas moins vrai qu'il est préférable en général de s'appliquer à établir les chaudières dans de bonnes conditions. On voit qu'il n'est nullement ici question de l'avantage de la vapeur surchauffée au point de vue du fonctionnement même de la machine.

Il paraît avoir encore été fait usage du système Wethered sur deux ou trois navires, dont le paquebot *Avon* de la Compagnie Royal Mail en 1857 ; les résultats furent bons, mais les articles qui en rendent compte disent déjà qu'on obtiendrait évidemment les mêmes avantages plus simplement avec la surchauffe simple. C'est ce qui arriva et, à partir de cette époque, la surchauffe prit un développement rapide et énorme, tandis que la vapeur combinée tombait dans l'oubli le plus complet.

Si l'emploi de la surchauffe doit, dans une certaine mesure, son adoption aux essais de vapeur combinée dont nous venons de parler, il a également pu être amené par l'extension de procédés qui n'avaient à l'origine en vue que le séchage de la vapeur; aussi les premiers appareils essayés en France ne portaient que le titre modeste de sécheurs, bien qu'ils fussent de véritables surchauffeurs.

Dans les rapports adressés au ministre de la Marine sur les machines à vapeur marines, etc., à l'Exposition universelle de 1867, par des mécaniciens principaux de la marine, on trouve ce qui suit, page 69 :

« Sur les vaisseaux *le Jean-Bart* et *l'Austerlitz* (1), l'usine d'Indret avait placé au rond-point des quatre chaudières qui formaient l'appareil évaporatoire de ces vaisseaux, un coffre à vapeur commun aux quatre corps, situé à la base de la cheminée. Ce coffre était divisé en quatre compartiments étanches, communiquant chacun à un corps de chaudière distinct, par une tubulure et les quatre compartiments versaient ensuite leur vapeur dans une boîte en fonte contenant les soupapes d'arrêt. De cette manière on pouvait à volonté isoler une partie de l'appareil sans qu'il en résultât d'inconvénient. Il ne manquait au coffre supplémentaire qu'un plus grand développement de surface de chauffe pour avoir toutes les qualités d'un surchauffeur. »

C'est probablement cette première idée qui conduisit rapidement à l'application des tubes sécheurs sur les chaudières de la marine. Car, dans le *Guide du chauffeur* de Grouvelle et Jaunez, édition de 1858, on trouve la description des chaudières construites à Indret pour la marine impériale avec des tubes sécheurs que la vapeur traverse pour se rendre à la machine. Par exemple les chaudières du vaisseau de 800 *ch*, *l'Alexandre*, ayant 1 285 m^2 de surface de chauffe ont 198 tubes sécheurs de 0,15 *m* de diamètre et 0,65 *m* de longueur forment ainsi une surface collective de 60 m^2, soit 1/20e environ de la surface de chauffe. Comme dit l'ouvrage, ces tubes sont chauffés à 400 degrés, toute l'eau entraînée est vaporisée et la vapeur se trouve parfaitement desséchée et surchauffée, ce qui augmente beaucoup la puissance mécanique développée par la machine motrice. En fait, les résultats ont été excellents. Les premiers

(1) Ces vaisseaux ont été construits en 1853-1854, mais les générateurs du vaisseau de 900 *ch*, *le Napoléon*, faits à Indret en 1850-1851 avaient déjà la même disposition.

essais de *l'Alexandre* sont du mois de septembre 1856. On ajoute, il est vrai : ces dispositions, si ingénieuses et bonnes qu'elles soient, sont très compliquées et difficiles à monter et à réparer, aussi a-t-on renoncé à ce système pour en étudier un autre pouvant se démonter et se remplacer en cas de réparations. En effet, on a bien vite renoncé aux tubes sécheurs faisant partie de la construction même de la chaudière pour employer des surchauffeurs indépendants à lamelles ou à tubes placés à la base de la cheminée. Ces surchauffeurs ont d'abord été établis sur *le Fontenoy*, vaisseau mixte de 450 *ch*, la frégate cuirassée *la Gloire* de 900 *ch* et le yacht impérial *la Reine-Hortense* de 320 *ch*. C'étaient, au moins sur le premier, des surchauffeurs Delafond, formés de tubes en fer en syphon montés sur des couronnes en fonte, le tout chauffé extérieurement par la fumée.

Il est intéressant de citer les résultats donnés par l'amiral Paris dans son ouvrage l'*Art Naval à l'Exposition de Londres en 1862* (l'auteur, étant capitaine de vaisseau, avait commandé le *Fontenoy*).

Voici d'abord les proportions des appareils :

	Surface du surchauffeur.	Surface par cheval nominal.	Surface par m^2 de grille.	Surchauffe obtenue.
	—	—	—	—
Fontenoy	72 m^2	0 175 5	2 75	43°
Gloire	167 m^2	0 185 5	2 83	43°
Reine-Hortense	58 m^2	0 193 3	3 05	40°

Les résultats obtenus sur le *Fontenoy* marchant à diverses allures sont les suivants :

		Avec 1 chaudière.	Avec 2 chaudières.	Avec 4 chaudières.
		—	—	—
Puissance indiquée.	Sans surchauffe	206 *ch*	531 *ch*	1 092 *ch*
	Avec surchauffe	382 *ch*	629 *ch*	1 214 *ch*
Combustible par *ch* indiqué.	Sans surchauffe	2 512 *kg*	2 077 *kg*	1 981 *kg*
	Avec surchauffe	1 638 *kg*	1 688 *kg*	1 701 *kg*

L'économie réalisée a donc été de 35 0/0 avec une chaudière, de 20 0/0 avec deux et de 14 0/0 avec quatre chaudières, croissant par conséquent proportionnellement à la détente ; ce qui indique bien clairement que l'avantage de la surchauffe est surtout pour les faibles introductions.

Depuis 1860 l'emploi de la surchauffe est devenu courant dans la marine tant en France qu'en Angleterre. Nous avons déjà parlé du *Great Eastern* ; on peut citer au courant de la plume parmi les navires les plus remarquables où on installa des appareils de surchauffe en premier lieu ; le yacht royal *Victoria and Albert* de 600 *ch*, les frégates cuirassées *Hercules* 1 250 *ch*, *Lord Warden* 1 000 *ch*, les frégates *Arethusa*, *Octavia*, *Constance* de 800 *ch*, le troop-ship *Malabar* 800 *ch*, les paquebots de Holy Head *Leinster* et *Connaught* de 700 *ch*, les paquebots de la Compagnie Péninsulaire et Orientale : *Valetta* (1858), *Pera*, *Ceylon*, *Sultan*, *Poonah*, *Delhi*, *Carnatic*, *Baroda*, *Mooltan*, *Ripon*, *Syria*, *Charkieh*, *Dakalieh*, etc., les paquebots de la Compagnie Pacifique *Callao*, *Lima*, *Bogota*, etc. (1858), sur lesquels furent installées les premières machines Woolf, de Randolph et Elder ; les paquebots de la Compagnie Royal Mail, *Rhône*, *Douro*, etc. En France, on peut citer, outre les navires déjà nommés, les frégates cuirassées de 1 000 *ch Friedland*, *Magnanime* et en général tous les navires munis de machines à trois cylindres

du type Dupuy-de-Lôme, les paquebots de la Compagnie générale Transatlantique *Pereire* et *Ville-de-Paris* de 1 000 *ch*, les paquebots des Messageries *Impératrice*, *Donnaï*, *Cambodge* de 500 *ch*, etc. ; enfin les paquebots de la Compagnie Arnault-Touache de Marseille qui avait adopté rapidement d'une manière générale le surchauffeur Delafond. Nous ne pousserons pas plus loin cette nomenclature, mais pour donner une idée de la rapidité avec laquelle la surchauffe se répandit dans la marine dès 1859 ou 1860 et de l'intérêt qu'on attachait à ce perfectionnement, nous donnons quelques citations de journaux et d'ouvrages anglais et français :

« La Compagnie Péninsulaire Orientale a dépensé en 1858 deux millions de francs pour le seul transport de ses charbons. Pour réduire cette dépense elle applique la surchauffe, six de ses navires en sont déjà munis et on l'installe sur huit autres. » (*Engineer*, 9 décembre 1859.)

« La Compagnie P. O. brûle pour 15 1/2 millions de francs de charbon par an ; on espère obtenir par l'emploi général de la surchauffe une économie de 5 millions. Celle-ci est déjà installée sur beaucoup des navires de cette Compagnie, sur les bateaux de Woolwich, sur des caboteurs à vapeur et sur le *Great Eastern*. » (Même journal, 1860).

« Le surchauffeur à lames de Lamb et Summers est déjà largement employé sur les navires de la *Peninsular and Oriental Steam Navigation Company*, sur ceux de l'*Union Steam Packet Company* qui fait le service du Cap et sur beaucoup d'autres navires attachés au port de Southampton et y a obtenu le succès le plus incontesté. » (Murray, *Theory and Practice of Shuipbuilding*, Edimbourg, 1861).

« La figure 218 représente le système de surchauffeur réglementaire à bord des bâtiments de la flotte. Il se compose d'une série de lames verticales, etc. » (*Traité élémentaire des appareils à vapeur de navigation*, par A. Ledieu, Paris 1864, tome II, page 505.)

« Le surchauffeur Patridge (caisse pleine de tubes verticaux traversés par la fumée), est déjà installé sur 52 navires en service représentant 10 673 *ch* nominaux sans compter un grand nombre en montage. » (Communication sur la surchauffe à la *Society of Engineers*, par M. Perry F. Mursey, 8 avril 1861) (1).

Enfin un article de l'*Engineer* du 12 avril 1861, mentionne que plus de 250 navires sont munis de surchauffeurs et que, dans certains cas, on a été obligé de les enlever tant à cause de leur usure rapide que par suite des avaries occasionnées aux machines par les grippements ou la détérioration due aux parcelles d'oxyde entraînées avec la vapeur. Le journal fait observer avec raison que ces accidents sont imputables à la mauvaise disposition des surchauffeurs ou à leur conduite défectueuse beaucoup plus qu'au principe lui-même.

En 1864, l'*Engineer* indique que trente navires de la *Général Steam Navigation Cy* faisant le service entre l'Angleterre et les ports du continent sur la mer du Nord sont munis de surchauffeurs.

Il est inutile de continuer ces citations et ces nomenclatures ; si on con-

1. Voir aussi une communication de M. J. N. Ryder à l'*Institution of Mechanical Engineers*, en 1886, où est décrit le surchauffeur Patridge, ainsi que le surchauffeur Parson et Pilgrim, ce dernier formé de tubes en syphons placés dans les foyers.

sidère que les navires que nous avons mentionnés pour ainsi dire au hasard et qui ne font qu'une très faible partie des applications réalisées, représentent déjà près de 100 000 *ch* de 75 *kgm* sur les pistons, on reconnaîtra que nous n'exagérions pas en disant, au début de cet article, que la surchauffe avait été appliquée sur plusieurs centaines de mille chevaux de machines marines. En fait, elle a été d'un emploi général dans la navigation pendant dix ou douze ans.

On se demandera évidemment pourquoi il n'en reste plus que le souvenir. C'est bien facile à comprendre. A côté de ses avantages, la surchauffe offrait des inconvénients dont les principaux étaient un maniement délicat et une usure extrêmement rapide. Un défaut de soin dans la conduite des appareils pouvait amener des avaries très graves dans les machines et la durée des surchauffeurs était relativement faible. On avait tenté l'emploi du cuivre pour éviter les inconvénients de l'oxyde de fer dans les cylindres et tiroirs, mais le cuivre se détruisait rapidement au contact de la suie.

On tolérait ces inconvénients en présence des avantages indiscutables que donnait la surchauffe dans des machines où la pression absolue ne dépassait pas 2,75 *kg*, soit une température de 130°. On pouvait donc avec une température de 180° réaliser une surchauffe de 50°. Mais lorsque l'adoption de la condensation par surface vint permettre l'emploi de pressions qui n'étaient limitées que par la résistance des chaudières le marge de la surchauffe diminua et finit par devenir tout à fait insuffisante. Si on ajoute que les avantages de la surchauffe étaient réalisés d'une manière beaucoup plus simple par d'autres perfectionnements tels que les enveloppes de vapeur et surtout l'expansion en cylindres successifs, laquelle, loin de donner lieu à des difficultés de conduite ou d'entretien, amenait au contraire de nouveaux avantages sous le rapport de la régularité de rotation et de la moindre variation des efforts agissant sur le mécanisme, on comprendra que la surchauffe ait dû céder la place. Les surchauffeurs ont été abandonnés sur les chaudières à haute pression, les seules en usage maintenant, où on se borne à placer dans les cheminées de gros réservoirs qui sont ainsi maintenus chauds, mais qui ne peuvent jouer qu'un rôle insignifiant au point de vue du surchauffage et même du séchage de la vapeur.

Notre intention n'est nullement ici de critiquer la reprise qui semble avoir lieu en ce moment en Alsace et ailleurs de l'emploi de la surchauffe dans les machines fixes.

L'élévation des pressions ôte évidemment de la marge à la surchauffe possible, mais le perfectionnement du graissage peut laisser encore à celle-ci un certain degré utilisable. Nous avons tout simplement cherché à rappeler que la surchauffe avait été l'objet sur mer d'applications extrêmement étendues dont on semblait généralement ne pas tenir suffisamment compte, quand ce ne serait que pour en tirer des renseignements utiles et éviter des mécomptes. S'il fallait une nouvelle preuve de ce que nous avançons nous pourrions citer la séance de la Société du 2 novembre 1860, où, à propos d'une communication de Nozo sur un sécheur pour chaudière de locomotive, on avait mentionné divers essais de surchauffeurs faits chez Gouin et chez Warral et Middleton, essais qui n'avaient pas

réussi parce que les appareils brûlaient trop vite ; le président Laurens ajoutait que jusqu'ici l'application de la surchauffe avait donné lieu à des inconvénients dans les machines à vapeur, inconvénients qui y avaient fait renoncer, mais que ce n'était pas une raison pour que de nouveaux essais ne fussent tentés et ne réussissent pas cette fois. Or, à ce moment, il y avait déjà des centaines de navires munis de surchauffeurs dont l'immense majorité fonctionnait avec un plein succès.

Nous ne saurions quitter ce sujet sans rappeler que, pour éviter les inconvénients signalés plus haut et limiter la température de la surchauffe, B. Normand avait proposé (brevet français du 9 mars 1860, n° 44267) d'opérer celle-ci, non plus par les gaz de la combustion, mais par de la vapeur à haute pression. Il employait une petite chaudière à foyer spécial contenant un faisceau tubulaire dans lequel circulait la vapeur à surchauffer et qui était baigné dans de la vapeur à 9 ou 10 atmosphères ; l'eau condensée retombait dans le bas de la chaudière. Ce système fut appliqué avec succès à la machine à basse pression de 160 *ch* de l'*Alcide*, remorqueur du port du Havre. On conçoit que pour laisser une marge suffisante à la surchauffe, on ne pouvait employer ce procédé que pour des machines à pression très modérée. Aussi B. Normand ne tarda-t-il pas à le modifier pour l'appliquer à la surchauffe intermédiaire dans les machines compound, disposition qui, après avoir reçu d'assez nombreuses applications, n'est plus employée dans les machines marines, mais l'est encore quelquefois dans les machines fixes dont les cylindres sont notablement écartés l'un de l'autre.

Ventilation du tunnel de Saint-Clair. — La ventilation du tunnel de Saint-Clair récemment ouvert à l'exploitation entre les États-Unis et le Canada laisse, dit-on, tellement à désirer que la Compagnie éprouve des difficultés à trouver le personnel nécessaire pour accompagner les trains dans le tunnel. Celui-ci a, comme on sait, 1 830 *m* de longueur avec une déclivité de 1 0/0. Les approches ont 610 *m* de chaque côté avec une déclivité de 2 0/0. Le service est fait par des machines Decapod à grande puissance de chaudière dont nous avons parlé dans la chronique d'avril 1891, page 547, pesant 88 *t* en ordre de marche. Ces machines brûlent du combustible ne donnant pas de fumée, mais cela ne les empêche pas d'émettre une quantité considérable de gaz irrespirables.

La ventilation s'effectue au moyen de deux ventilateurs de Root placés à chaque extrémité du tunnel et refoulant l'air dans un conduit de 0,305 *m* de diamètre, aboutissant à peu près au milieu du souterrain. Chaque ventilateur débite environ 280 m^3 par minute de sorte que l'air du tunnel se trouverait entièrement renouvelé en 45 minutes. Il semble donc que cette quantité d'air est totalement insuffisante. On dit qu'on va essayer d'appliquer aux machines des « gaz consumers » mais il est difficile de voir quelques chances de succès dans cette direction au dire des journaux américains dans lesquels nous trouvons ce renseignement. Nous pouvons rappeler que la Chronique de mai 1882, page 617, traite, sous le titre de Ventilation du tunnel de Saint-Louis, une question tout à fait analogue.

Conduite de pétrole en tubes Mannesmann. — La maison Siemens et Halske, de Berlin, possède dans le Caucase, à Kedaleg, une usine où on obtient un cuivre spécial pour les applications électriques. On employait à l'origine du bois pour le chauffage des fours, mais la consommation est devenue telle qu'on a dû se préoccuper de trouver un autre combustible plus économique.

Le pétrole brut ou les résidus de distillation connus sous le nom de « Masud » pouvaient être obtenus en quantité illimitée à une assez faible distance, mais la situation de l'usine à 100 *m* au-dessus des plus prochains dépôts de ces matières rendait la question du transport assez difficile à résoudre. On se décida à établir une conduite pour le pétrole; mais comme cette conduite devait pouvoir résister à une pression de 100 atmosphères, l'emploi de la fonte était écartée et celui des tubes en fer ou acier soudés ou rivés très chanceux. Les tubes laminés sans soudure du procédé Mannesmann (Chronique d'août 1890, page 318) étaient naturellement indiqués. La conduite a été installée dans ce système au commencement de 1891 et fonctionne depuis de la manière la plus satisfaisante.

La longueur totale est de 25 000 *m* environ, les tubes ont 102 *mm* de diamètre intérieur et 5 1/2 d'épaisseur; ils ont tous été essayés sous une pression de 200 atmosphères. Les bouts des tubes portent un filet de vis avec filetage un peu conique de sorte que l'emmanchement est parfait et le joint étanche au point de ne pas présenter la plus légère fuite. La facilité avec laquelle le filetage et le taraudage des bouts des tubes s'exécutent prouve en faveur de la bonne qualité du métal. La dilatation s'opère au moyen de tubes semblables contournés en hélice sur 0,75 *m* de diamètre et intercalés dans la conduite tous les kilomètres. Le cintrage s'opère plus facilement qu'avec les tubes en fer. La conduite est presque en ligne droite, et suit le terrain sans protection par monts et par vaux; tout au plus a-t-on jugé utile de l'enterrer dans certains endroits tels que la traversée de chemins où elle aurait pu gêner le passage des chariots. L'expérience a d'ailleurs démontré que ces tuyaux ont très peu à redouter des chocs ou autres causes extérieures de détérioration. Cette conduite débite environ 1 m^3 de pétrole à l'heure. Ces renseignements sont extraits du *Dingler's Polytechnische Journal*.

Les tramways à câbles. — Le *Street Railway Journal* contient un article de M. J.-C. Robinson donnant des détails sur diverses particularités des tramways à câble sans fin si répandus aux États-Unis et notamment sur la durée des câbles qui est un point très controversé.

Les câbles ne doivent pas être trop longs; on ne dépasse pas en général 7 500 *m* pour le développement, bien qu'on trouve des exemples de câbles de 10 700 et 11 900 *m*. La machine motrice doit être placée autant que possible vers le milieu. On évite, bien entendu, les courbes; celles-ci ont une influence non seulement sur la puissance à mettre en jeu, mais encore et surtout sur la durée du câble.

On compte qu'une courbe d'un quart de circonférence absorbe autant de travail que 300 *m* en ligne droite. Le câble à vide prend 40 à 60 0/0 du travail total. La force motrice absorbée peut varier en quelques ins-

tants dans la proportion de 1 à 7. Dans les villes où la circulation est considérable, on doit limiter la vitesse du câble de 12 à 15 *km*; en dehors des villes, on peut aller à 20 *km*. Les câbles soudés electriquement n'ont pas donné de bons résultats. On parait revenir aux câbles à âme en chanvre.

Le coût moyen de traction est de 0,40 *f* par car et par kilomètre, l'exploitation coûte en moyenne 60 0/0 de la recette brute; les cars font 180 *km* dans la journée de dix-huit heures, pour une vitesse moyenne de 14,5 *km* à l'heure.

La durée du câble varie considérablement avec la nature du service et surtout avec la sinuosité des lignes en plan. Ainsi, à Los Angeles (Californie), localité où la population a crû en huit ans de 12 000 à 50 000 habitants, il y a plusieurs lignes de tramways à câbles. Dans l'une où il y a de nombreuses courbes de petit rayon, les câbles ne durent que dix mois. Au contraire, sur la ligne de Temple Street qui est presque en alignement droit, un câble de 37 000 *m* de développement a duré trente-huit mois avec un parcours total de 194 800 *km*. Les câbles de Market Street et Geary Street, à San Francisco, ont duré vingt et vingt-quatre mois, avec des parcours de 177 000 et 192 000 *km*. Un câble de 5 490 *m* au tramway de Grand Avenue, à Kansas City, a duré vingt-deux mois et fait un parcours de 318 740 *km*; enfin, à Denver City, des câbles de 7 300 et 6 700 *m* ont duré vingt et dix-neuf mois, avec des parcours de 231 800 et 221 000 *km*.

On comprend qu'avec des parcours aussi considérables, la valeur des câbles n'entre que pour peu de chose dans les dépenses de traction. Nous n'avons pas de renseignements sur la durée des câbles en Europe, les tramways à câbles sans fin y étant très peu nombreux. Les funiculaires en grand nombre, surtout en Suisse, travaillent dans des conditions tout à fait différentes.

Dans la statistique des funiculaires suisses publiée par M. Émile Strub dans le *Schweizerische Bauzeitung*, on trouve des renseignements complets sur ce point. Au Territet-Glion, le câble était en service depuis huit ans et quatre mois, il avait parcouru 49 500 *km* et fait 32 800 trajets. On devait le changer au commencement de cette année. Au Grütsch (Lucerne), on trouve 10 080 *km* et 63 000 voyages en sept ans et demi, le câble est encore en parfait état. Au Bienne-Macolin, 20 545 *km* et 12 200 trajets en quatre ans sept mois, câble encore en bon état; au Giessbach, le plus ancien funiculaire, 15 000 *km* et 45 045 voyages en douze ans et demi, câble encore en bon état. Dans d'autres, au contraire, le câble a dû être changé au bout d'un an ou deux.

Comme nous le faisions remarquer il y a quelques instants, dans ces funiculaires à contrepoids d'eau, les conditions sont très différentes de celles d'un câble sans fin à marche continue. D'une part, le câble est dans de meilleures conditions parce qu'il ne s'infléchit qu'une fois sur une poulie de grand diamètre au lieu de s'enrouler sur des tambours, et parce que l'effort qu'il supporte en marche ne varie que dans de faibles limites; mais, d'autre part, il subit à chaque voyage un effort brusque de démarrage qui le fatigue probablement plus qu'un effort continu de longue durée. Cette différence dans les conditions de fonctionnement

fait qu'on ne peut tirer aucune conclusion utile de cette comparaison.

Le tramway de Temple Street, à Los Angeles, que nous venons de citer plus haut, est établi dans des conditions assez singulières. Il est formé de deux parties, l'une de 2 580 *m* est à double voie, l'autre de 2 200 est à voie unique. La longueur totale est ainsi de 4 780 *m* ; la déclivité maxima est de 11 0/0 et le plus petit rayon des courbes de 10 *m*. La double voie est établie dans la partie la plus large, mais dans le reste du parcours, où les voies sont étroites et peu fréquentées, on ne pouvait établir qu'une file de rails ; les deux lignes sont exploitées séparément et les voyageurs changent de cars au point de rencontre des deux.

Le coût de la force motrice est assez élevé. Le charbon vaut 50 *f* la tonne à Los Angeles.

On avait d'abord brûlé de l'huile minérale; cette huile de pétrole brut, densité 0,90, coûtait 75 *f* la tonne. Avec son emploi le cheval-heure revenait, pour le combustible seulement à 0,7 1/2 *f*; on a trouvé que le charbon donnait les huit dixièmes de l'effet de l'huile, tandis que son prix n'était que les deux tiers; on a donc trouvé avantageux de revenir à l'emploi du charbon.

Explosions de chaudières en Allemagne. — En 1890, il n'y a eu dans toute l'Allemagne que 14 cas d'explosions de chaudières. Ces cas se répartissent de la manière suivante quant aux causes qui les ont amenées : incrustations 2; manque d'eau 2; excès de pression 1; affaiblissement local des tôles 3; usure et vieillesse 2; ancienne fissure 1, et tubes de mauvaise qualité 1.

Au point de vue de la nature des chaudières, on trouve : chaudières horizontales avec un tube ou carneau intérieur 2; même type avec 2 ou plusieurs carneaux ou tubes 6; locomobiles 4; verticales à foyer intérieur 1; à petits éléments 1.

Ces explosions ont blessé 18 personnes dont 7 sont mortes. En 1889 il y avait eu 16 explosions et 28 personnes atteintes. Ces chiffres paraissent bien inférieurs à ceux qu'on a constatés en France pour la même année 1890, où il y a eu (Voir Comptes rendus d'avril 1890, page 559) 34 explosions et 45 personnes atteintes.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Avril 1892.

Rapport de M. G. Richard sur **l'extracteur universel d'eau de condensation** de M. Prost.

On a proposé et essayé d'innombrables dispositions d'appareils pour évacuer l'eau de condensation d'une manière automatique, dès qu'elle s'accumule dans les récipients. Un petit nombre a pu satisfaire aux exigences de la pratique, et il n'y a pas lieu de s'en étonner, si on réfléchit à la difficulté du problème et aux diverses conditions à remplir.

Le purgeur de E. Prost a pour organe mobile une cloche renfermée dans une boîte métallique où arrive par le bas l'eau de condensation. Au moyen de guides héliçoïdaux, la cloche tourne en s'élevant et agit sur une soupape qu'elle ouvre ou ferme suivant le sens de son mouvement.

Lorsque la soupape est ouverte, l'eau de condensation pénètre dans l'intérieur de la cloche et émet de la vapeur qui soulève celle-ci et ferme la soupape.

Peu après, l'eau se refroidissant, la vapeur se condense et la cloche n'étant pas soutenue retombe et ferme la soupape. Il se produit ainsi une série d'oscillations, lentes et très peu étendues, limitant les variations de l'ouverture de la soupape à ce qu'il faut pour évacuer les condensations par un débit presque continu et avec une dépense de vapeur extrêmement faible. Cet appareil a déjà reçu des applications nombreuses et importantes, tant pour les installations de chauffage que pour les chaudières ordinaires à haute pression.

Rapport de M. J. Carpentier sur un **scrutateur électrique instantané** de M. Legoaziou.

On a cherché depuis plusieurs années à rendre faciles et rapides les opérations des scrutins par l'emploi d'appareils mécaniques, généralement basés sur l'électricité.

Celui qui fait l'objet du rapport est fondé sur le même principe. Il n'a pas été exécuté, mais ses dispositions sont complètement arrêtées et témoignent, de la part de l'auteur, d'une entente très nette des nécessités pratiques. Il semble que rien ne s'oppose aujourd'hui à ce que les assemblées législatives soient rapidement en possession de procédés de vote aussi sûrs et incomparablement plus expéditifs que ceux dont elles se contentent actuellement, et le système de M. Legoaziou peut être classé parmi ceux qui fourniraient les meilleures solutions.

Rapport de M. Prunier sur une **lampe à récupération** désignée sous le nom de **Lampe la Rouennaise.**

Il s'agit d'une modification du type Wenham dans laquelle on a réalisé un certain nombre de perfectionnements, tels que la fabrication d'un seul morceau de la lampe et de son récupérateur et d'autres dispositions bien comprises.

Cette lampe donne une flamme très blanche ; le modèle moyen brûle 375 *l* à l'heure pour 12 carcels, ce qui fait 33 *l* par carcel, résultat assurément fort satisfaisant.

Rapport de M. Gibon sur les **travaux de M. E. Gruner relatifs aux accidents du travail.**

Le procédé Deacon, par M. J. Kolb.

Le procédé de fabrication du chlore par l'ancienne méthode, en produisant comme résidu du chlorure de manganèse, n'utilisait que la moitié du chlore de l'acide chlorhydrique employé et perdait entièrement l'oxyde de manganèse. Le procédé Weldon a permis de récupérer le manganèse, mais n'a réalisé aucun progrès sur la consommation d'acide chlorhydrique, au contraire, puisque l'oxyde provenant de la revivification du chlorure de manganèse contient relativement peu d'oxygène et donne, par conséquent, une faible fraction du chlore contenu dans l'acide chlorhydrique.

Le procédé Deacon basé sur la décomposition de l'acide chlorhydrique mêlé d'air, passant sur des surfaces poreuses imprégnées de chlorure de cuivre, économise l'acide lui-même, ce qui a aujourd'hui une grande importance au moment où la fabrication de la soude par l'ammoniaque prend un très grand développement et ne donne plus les énormes quantités d'acide chlorhydrique produites comme résidus par le procédé Leblanc. La note entre dans des détails très circonstanciés sur la pratique du procédé Deacon.

Procédé anglais de fonte d'antimoine, par Edward Rodger. (Traduit du *Journal of the Society of Chemical Industry.*)

La sériciculture en Asie-Mineure. (Traduit du *Journal of the Society of Arts.*)

Tubes sans soudure. (Traduit de l'*Iron.*) — Il s'agit du procédé de fabrication de MM. Taylor et Challen, de Birmingham, qui consiste dans le façonnage progressif d'un disque d'acier qui, en se creusant et s'allongeant de plus en plus, finit par former un tube sans soudure.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Février 1892.

Utilité des chemins de fer d'intérêt local. — Nature et,

valeur des divers types de conventions, par M. Considère, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Cet important mémoire se compose de deux parties dont la première est consacrée à l'étude de l'utilité des chemins de fer. Cette utilité a trois sources qui sont : 1° le bénéfice net d'exploitation ; 2° les économies de transport ; 3° les avantages indirects.

Chacune de ces sources fait l'objet d'une étude particulière et détaillée.

Les conclusions de cette première partie sont formulées d'une manière très nette et très précise et sont assez remarquables pour que nous pensions devoir les reproduire.

1° Les capitaux consacrés à l'établissement des chemins d'intérêt local bien tracés, construits avec économie et donnant une recette au moins égale à la dépense d'exploitation, sont employés aussi utilement que ceux qui ont servi à construire les grands réseaux français.

2° Les chemins de fer d'intérêt local, tels que ceux dont il vient d'être question, procurent, chaque année, au budget de l'État, des avantages dont la valeur représente plus de 5 0/0 de leur dépense totale de premier établissement.

3° Les charges qu'imposent aux Départements la loi de 1880, aggravée par le décret de 1882, sont beaucoup trop lourdes par rapport aux avantages qu'ils retirent des chemins de fer d'intérêt local. Elles entravent le développement du réseau et créent un antagonisme complet d'intérêts au point de vue de la fixation des tarifs.

On remarquera que certaines de ces conclusions, la première notamment, sont assez peu en harmonie avec l'opinion la plus répandue. Elles se justifient pourtant par les considérations développées par l'auteur dans le commencement de cette première partie, la seule qui soit donnée dans ce fascicule.

ANNALES DES MINES

3e livraison de 1892.

Note sur l'**Accélération des pièces à mouvement alternatif** des machines à vapeur, par M. E. Sauvage, Ingénieur des mines, professeur à l'École supérieure des mines.

Dans un article inséré dans les *Annales* (Voir Comptes rendus de novembre 1891, page 597) et intitulé : ***Forces d'inertie dues aux bielles motrices dans les machines à vapeur***, M. Nillus a cité la règle de Mehr pour déterminer l'accélération des pièces à mouvement alternatif des machines à vapeur. Comme cette règle est peu connue, la note entre dans quelques détails sur cette question en se reportant à divers travaux publiés récemment dans les revues allemandes.

Paroles prononcées aux funérailles de M. Henry, Ingénieur en chef des mines, Ingénieur en chef du matériel et de la traction des che-

mins de fer P.-L.-M., par MM. Noblemaire, directeur de la Compagnie P.-L.-M.; Baudry, Ingénieur en chef adjoint du matériel et de la traction, et Amiot, Ingénieur en chef des mines attaché à la direction de la Compagnie.

Bulletin des travaux de chimie exécutés en 1890 par les Ingénieurs des mines dans les laboratoires départementaux.

Note sur l'essai des minerais d'antimoine, par M. Ad. Carnot, Ingénieur en chef des mines.

La voie sèche donne pour l'essai des minerais d'antimoine des écarts qui sont rarement de 8 à 10 0/0 et peuvent s'élever à 30 par rapport à la teneur véritable, surtout pour les minerais pauvres, ce qui tient à la trop grande volatilité de l'antimoine. L'auteur a cru devoir substituer à la voie sèche une méthode toute différente, consistant essentiellement à dissoudre l'antimoine par l'acide chlorhydrique, puis à le précipiter par l'étain et à le peser à l'état métallique. Cette méthode exige des précautions particulières, suivant la nature des minerais.

Statistique de l'industrie minérale de la France. — Tableaux comparatifs de la production des combustibles minéraux, des fontes, fers et aciers, en 1890 et 1891.

La production totale des combustibles minéraux s'est élevée, en 1891, à 26 199 745 *t*, en augmentation de 16 627 sur l'année 1890. Sur ce total, il y a 25 676 463 *t* de houille et anthracite et 523 282 *t* de lignite. Pour ces derniers, le bassin de Fûveau a produit 434 176 *t* et pour la houille et l'anthracite, le Nord et le Pas-de-Calais ont produit 13 1/2 millions de tonnes en nombre rond, contre 14 millions l'année dernière; après, vient la Loire pour 3 776 185, un peu en augmentation sur l'année précédente.

La production des fontes s'est élevée, en 1891, à 1 919 185 *t*, en diminution de 43 011 *t* sur 1890. Sur le total, il y a 1 888 985 *t* de fonte au coke, 11 631 *t* de fonte au bois et 18 569 *t* de fonte mixte.

A un autre point de vue, le total se partage en 1 497 751 *t* de fonte d'affinage, 421 431 de fonte de moulage ou de fonte moulée en première fusion. Meurthe-et-Moselle a produit 1 076 632 *t*, soit plus de la moitié du total; après, vient le Nord pour 220 470, Saône-et-Loire pour 87 158; le Pas-de-Calais, qui était troisième en 1890, ne vient en 1891 qu'en quatrième lieu avec 82 382 *t*.

La production totale des fers a été, en 1891, de 811 621, en diminution de 13 748 *t* en 1890. Le total se divise en 664 023 *t* de fer puddlé; 14 412 de fer affiné au charbon de bois et 133 186 *t* de fer obtenu par réchauffage de vieux fers et riblons; cette catégorie est en augmentation de 2 000 *t* sur l'année précédente. Le département de la Seine figure dans cette catégorie pour 31 781 *t* contre 32 425 en 1890 et 33 845 en 1889; il semble y avoir une décroissance constante quoique lente.

La production des rails en fer a été de 514 *t* contre 388 en 1890 et 1 029 en 1889.

La production totale d'acier Bessemer et Siemens-Martin a été, pour 1891, de 728 011 *t*, en augmentation de 44 653 *t* sur 1890.

La production des aciers ouvrés a été de 604 467 *t*, en augmentation de 22 469 t sur 1890. Les rails entrent dans ce chiffre pour 194 162, *t* en augmentation de 17 665 *t* sur l'année précédente, et les tôles pour 11 754 *t* en diminution de 5 727 *t* sur 1890. Les fabrications des aciers puddlé, cémenté, et obtenu par réchauffage de vieil acier présentent une assez notable augmentation sur l'année précédente, 3 000 *t* pour l'acier puddlé, et autant pour l'acier réchauffé, tandis que la production de l'acier fondu au creuset présente une diminution d'à peu près le même chiffre.

Étude sur les **Sources minérales de Cauterets**, par M. Beaugey, Ingénieur des mines.

Cette étude contient l'examen de la constitution géologique de la région, celui des gisements des sources et les analyses des eaux des différentes sources.

Note sur l'**Allumage des coups de mine dans les exploitations grisouteuses**, par M. Janet, Ingénieur des mines.

La note examine en détail un certain nombre de moyens d'allumage employés ou proposés et conclut que des expériences de laboratoire devraient être faites sur chacun de ces appareils pour permettre de se prononcer définitivement sur le degré de sécurité qu'ils présentent dans une atmosphère grisouteuse ; on peut toutefois affirmer que certains atténuent beaucoup les chances d'inflammation du grisou au moment de l'allumage des coups de mine. Il est donc désirable de les voir se répandre dans les exploitations houillères, tant que l'on continuera à faire usage de la mèche Bickford, à défaut de dispositif suffisamment pratique pour la remplacer.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de Février-Mars 1892

Note sur les **nouveaux chemins de fer de l'Oberland bernois**, par M. P. Favre-Bourcart.

Cette note décrit rapidement les lignes d'Interlaken, Zweilütschinen-Grindelwald et Zweilütschinen-Lauterbrunnen, le funiculaire de Grütsch et donne quelques renseignements sur les lignes en construction de la Schynige-Platte et de la Wengern-Alp.

Le premier de ces chemins de fer est une ligne mixte à adhérence et à crémaillère, celle-ci du type de Riggenbach, avec machine à quatre cylindres et double mécanisme ; elle comporte une section à adhérence à rampes maxima de 25 p. 1 000 d'Interlaken à Zweilütschinen et deux sections mixtes avec rampes maxima de 120 pour 1 000 de Zweilütschinen à Lauterbrunnen d'une part et Grindelwald de l'autre.

Le funiculaire de Grütsch franchit une différence de niveau de 674 m. la rampe maxima atteint 60 p. 100 ; il est à contrepoids d'eau avec trois

rails et deux crémaillères Riggenbach. Il est établi presque entièrement sur un viaduc en maçonnerie, sauf à la partie supérieure où la construction est métallique.

De l'extrémité part un chemin de fer électrique de 4 300 *m* qui conduit à Murren; les rampes maxima sont de 50 p. 1 000 et les courbes de 50 *m* de rayon. Les trains de 2 voitures seulement sont trainés par des locomotives pesant 7 000 *kg* et auxquelles le courant est transmis par un conducteur porté sur poteaux, le retour s'effectue par les rails.

La force motrice est empruntée à la cascade du Staubbach dont une partie (très minime) est amenée par un gros tuyau à 300 *m* pour agir sur une turbine de 120 *chx* qui actionne une dynamo, l'un et l'autre faisant 700 tours par minute. La descente des trains s'opère par renversement du courant à la manière de la contre-vapeur.

Le chemin en construction de la Wengern-Alp sera à crémaillère pure à rampes maxima de 25 p. 100. Les locomotives seront du même type que celles du Monte-Generoso à la différence qu'elles seront faites pour la crémaillère Riggenbach au lieu de l'être pour la crémaillère Abt; elles pèseront 15 *t* en service. Le chemin de fer de la Schynige-Platte sera exécuté dans les mêmes conditions.

Note sur la **Constitution des hydrazones de la β-naphtoquinone** et celle des dérivés azoïques en général, par MM. E. Noelting et E. Grandmougin.

Rapport sur le travail « Fac et Spera » présenté au concours pour le prix n° 11 (Introduction d'une nouvelle industrie dans la Haute-Alsace), par M. R. Geigy.

Nomenclature raisonnée des **Plantes susceptibles de fournir des matières tannantes**. (Extrait du travail présenté avec la devise « Fac et Spera », par M. F.-E. Mafat.

Note sur le **Sondage profond de Schladebach,** par M. Ch. Zundel.

Ce sondage a été entrepris en 1880 par la direction royale des mines de Prusse pour la connaissance géognostique du pays. Il a été terminé en 1886. La profondeur est de 1 748,4 *m*; c'est la plus grande qui ait été atteinte par des travaux de ce genre. Le nombre de journées effectives de travail a été de 1 247. La dépense s'est élevée à 212 304 marks, soit 121,43 marks par mètre ou 151,80 *f*.

Le diamètre initial du trou de sonde était de 280 *mm*, mais à cause du tubage partiel on dut diminuer le diamètre à mesure de l'approfondissement et on n'a plus que 48 *mm* au fond donnant des noyaux de 23, le sondage s'effectuant pour cette partie par une couronne de diamants noirs agissant par rotation.

Il a été fait des observations thermométriques très soignées. La température a été trouvée à 1 716 *m* de 56,6 degrés C. On a pu établir ainsi la relation $C = 8{,}3 + \frac{P - 6}{46{,}09}$ dans laquelle C est la température et P la profondeur. On peut en conclure que la plus haute température des

hauts fourneaux qui est, suivant Scherer, de 2 230° R serait atteinte à une profondeur de 104 708 *m* et celle de la fusion de l'or 1 000° R à 45 713 *m*.

Note sur les **Jaunes d'alizarine**, par M. P. WERNER.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 18. — 30 *avril* 1892.

Expériences sur des surchauffeurs de vapeur, par J. Reischle.

Considération théorique sur la forme demi-cylindrique des charnières des ponts en arc avec articulations, par J. Schmidt.

Appareils de chargement pour navires et chemins de fer, par B. Gerdau *(fin)*.

Installations de lavage au charbonnage de Mont-Cenis, près Herne, par C. Randel.

Groupe de Wurtemberg. — État actuel de la question ouvrière.

Pont sur la rivière du Nord entre New-York et New-Jersey.

Bibliographie. — Électro-métallurgie, par W. Borchers.

Variétés. — Nouvelle machine à affûter les mèches. — Transport de force de Lauffen à Francfort. — École industrielle de Barmen. — Établissements d'instruction technique de l'Etat à Chemnitz.

N° 19. — 7 *mai* 1892.

Machine à vapeur à l'Exposition nationale de Prague, par R. Doerfel.

Expériences sur des surchauffeurs de vapeur, par J. Reischle *(fin)*.

Incendie de l'entrepôt du quai impérial à Hambourg, par H. Maihak.

Efforts de flexion produits dans les tôles par suite de la dissymétrie des assemblages ou de traction en dehors de l'axe, par G. Barkhausen.

Groupe de Hambourg. — Exposition internationale d'électricité de Francfort.

Groupe de Hesse. — Chemin de fer à voie étroite de Ferdinandshof à Friedland. — Expériences sur la soudure électrique.

Groupe de Cologne. — Régulateur de consommation pour le gaz.

Chemins de fer. — Recherches microscopiques sur les métaux. — Reservoirs à gaz sans soudure.

Bibliographie. — Droits respectifs des employés et des patrons sur les inventions faites dans les questions relatives au service, par W. Reuling.

Variétés. — Chauffage des chaudières avec le masud (résidus de pétrole). — Accident singulier arrivé à un navire (Voir chronique d'avril 1892, page 530). — Éclairage électrique et distribution de force pour les ateliers du chemin de fer à Oppnau.

N° 20. — 14 *mai* 1892.

Machines à vapeur à l'Exposition nationale de Prague, par R. Doerfel *(suite)*.

Théorie et applications du condenseur à jet, par E. Koerting.

Nouveautés dans les machines-outils à travailler les métaux, par H. Fischer *(suite)*.

La construction métallique de l'avenir.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Tarifs de la Compagnie d'assurances « Nordstern », à Berlin. — Méthode élémentaire pour le calcul de la pression la plus favorable et de la quantité d'eau nécessaire pour un condenseur à courants parallèles. — Caractères et usages des diverses sortes de fers et d'aciers.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Usine centrale de la Compagnie allemande continentale d'éclairage par le gaz, à Dessau.

Variétés. — Installation de paratonnerres sur les conduites d'eau et de gaz. — Fabrication de tubes en cuivre par le procédé Mannesmann. — Exposition universelle à Berlin. — Machine à vapeur pour épuisement, proposée en 1744 par l'architecte C.-F. Kessler, à Bernburg. — Tramways électriques à Berlin.

N° 21. — 21 *mai* 1892.

Installation des transmissions de la fabrique de machines-outils de J.-E. Reinecker, à Gablenz, près Chemnitz.

Considérations théoriques sur la forme demi-cylindrique des charnières des ponts en arc avec articulations, par J. Schmidt *(fin)*.

Recherches de Roberts-Austen sur les propriétés des alliages, par Rudeloff.

Appareil stérilisateur dessiccateur connu en Allemagne sous le nom de « Kafill Desinfektor ».

Groupe de Hanovre. — Notes de voyage sur l'exploitation des chemins de fer américains. — Les machines et chaudières à vapeur des installations électriques de la ville de Hanovre. — Filtre Berkefeld. — Constructions système Monier.

Variétés. — Inauguration des nouveaux bâtiments de l'École reale d'Aix-la-Chapelle. — École pratique de Remscheid. — Distribution électrique de force à Gênes. — Utilisation de la chute d'eau de Schleuss-Taubeuloch pour transport de la force au lac de Bienne.

N° 22. — 28 *mai* 1892.

Perte de charge dans les longues conduites d'air comprimé, par H. Lorenz.

Compression et chute de pression dans les machines compound et leur influence sur l'effet utile, par L. Kaufmann.

Emploi et essais des matières lubrifiantes, par A. Kunkler.

Nouveautés dans les machines-outils pour le travail des métaux, par H. Fischer *(suite)*.

Poutres composées, par Forchheimer.

De la concurrence déloyale.

Groupe de Brunswick. — Installations de ventilation.

Bibliographie. — Conditions nécessaires pour assurer la durée d'un assemblage de joints de rails, H. Zimmermann.

Correspondance. — Appareils de chargement pour navires et chemins de fer. — Fabrication mécanique des briques.

BIBLIOGRAPHIE

Chemins de fer à crémaillère, par M. A. Levy-Lambert. — *Encyclopédie des travaux publics*, fondée par M. Lechalas.

Notre collègue, M. Levy-Lambert, a publié sous le titre que nous venons de mentionner un intéressant ouvrage sur une question qui a pris depuis quelques années une grande importance. Comme l'auteur le fait remarquer avec quelque raison, le seul titre de son livre eût naguère excité un certain étonnement.

Nous sommes d'autant plus heureux d'avoir à présenter l'ouvrage de M. Levy-Lambert que nous avons eu l'honneur de faire connaître pour la première fois à la Société ce nouveau mode de traction sur voies ferrées par notre mémoire de 1871, *Chemins de fer de montagnes avec rail à crémaillère*, le premier ouvrage publié en français sur cette question alors toute nouvelle. Nous manifestions déjà une parfaite confiance dans le développement qu'étaient appelés à prendre les chemins de fer à crémaillère répondant à des besoins parfaitement caractérisés, confiance qui contrastait avec la froideur et l'incrédulité générales. L'expérience nous a donné raison, car si, d'après le mot célèbre d'un ingénieur éminent, qui eût été heureux de revenir à une plus juste appréciation s'il eût vécu plus longtemps : *Les Rigi sont rares*, les applications de la crémaillère sont devenues très nombreuses.

En dehors du cas resté unique du Pilate, toutes ces applications se rapportent aux deux systèmes Riggenbach et Abt qui se les partagent, et qui, chacun, présentent des avantages, de nature à les mettre sur un pied à peu près égal.

L'ouvrage, après avoir exposé les considérations qui ont amené à l'emploi de la crémaillère, d'abord comme mode unique de propulsion sur certains tracés, puis comme auxiliaire de l'adhérence sur d'autres et consacré quelques pages à l'historique de ce système, étudie dans un premier chapitre le tracé des lignes à crémaillère avec la description des lignes entièrement à crémaillère et des lignes mixtes les plus intéressantes. Le second chapitre est consacré à l'examen des divers types de crémaillère, de leur pose et de leurs accessoires, avec des détails très complets. Le matériel roulant, machines, voitures et questions de traction fait l'objet du troisième chapitre. Les machines se divisent, comme on sait, en machines simples, machines mixtes et machines à deux mécanismes. Les premières ne s'appliquent qu'au cas des tracés entièrement en crémaillère, les deux autres aux tracés mixtes. De ces dernières les machines à deux cylindres sont plus simples, mais donnent lieu à des objections peut-être plus théoriques que pratiques ; les machines à quatre cylindres sont beaucoup plus compliquées et plus délicates ; elles sont néanmoins très employées aujourd'hui. Nous croyons que les locomotives à crémaillère ont encore beaucoup de perfectionnements à recevoir et nous regrettons de ne pas voir mentionner dans l'ouvrage dont nous

nous occupons la locomotive présentée à l'Exposition de 1878, la dernière œuvre de la collaboration de MM. Riggenbach et Abt et perfectionnement important de la première machine d'Ostermundingen décrite par nous en 1871, dans laquelle les cylindres, au nombre de deux, agissaient soit sur les roues à adhérence, soit sur la route dentée à crémaillère, et, dans ce dernier cas, avec transmission retardatrice. Cette machine était basée sur une idée fort juste qui devrait conduire à d'excellents résultats. Le point délicat était l'embrayage dont une étude plus prolongée eût pu fournir sans aucun doute des solutions pratiques satisfaisantes. Cette machine pesait à vide 286 *kg* par mètre carré de surface de chauffe, poids très inférieur à celui de toutes les machines à propulsion mixte citées dans le travail de M. Levy-Lambert et dont le poids pour la même unité varie de 345 à 435 *kg*.

Le quatrième chapitre traite de l'exploitation, organisation, dépenses, tarifs, recettes, etc., et se termine par une comparaison entre les lignes à crémaillère et les lignes à adhérence, comparaison tout à l'avantage des premières. Ne pouvant être suspects d'hostilité à l'égard de la crémaillère, dont nous nous faisions déjà le défenseur à l'époque peu éloignée où presque personne n'y croyait, nous sommes bien à l'aise pour exprimer la crainte que M. Levy-Lambert n'ait peut-être pas été assez juste vis à vis de l'adhérence en rapprochant trop la limite où commence l'impuissance de celle-ci.

Il y a évidemment des cas où la crémaillère est la seule solution possible, mais il y en a beaucoup d'autres où, comme le fait remarquer l'auteur, on peut hésiter entre des tracés mixtes à adhérence et crémaillère et des tracés entièrement à adhérence. Or notre collègue nous paraît avoir poussé un peu trop au noir en ce qui concerne l'utilisation des machines à adhérence. Dans un tableau inséré page 182, il indique que la machine à crémaillère du Hoellenthal traine, sur 55, 2,4 fois son poids à 10 *km*, alors que, pour les machines à adhérence, il ne cite que la machine de rampes P.-L.-M. à tender séparé traînant 0,96 fois son poids sur 30 et la machine-tender de Riom-Volvic traînant 2,2 fois son poids sur 36.

Il nous semble que M. Levy-Lambert n'eût eu que l'embarras du choix pour trouver des exemples plus favorables. Pour ne citer que ce qui nous concerne, nous pouvons lui indiquer les machines de 25 *t* des Chemins de fer Départementaux qui trainent 68 *t* sur 30 *mm*, dans le Vivarais, soit 2,72 fois leur poids à 15 *km* de vitesse ; les machines de la Corse et du Sud de la France trainent 3 fois leur poids sur la même déclivité et à la même vitesse et les machines du Landquart-Davos de 40 *t* remorquent des trains de 70 *t*, soit 1,75 fois leur poids, sur de très longues rampes de 45 pour 1 000 à 18 *km* à l'heure. L'équivalent serait pour la rampe de 36 *mm* de Riom à Volvic, de 2,35 fois le poids de la machine. Mais la charge est limitée par la vitesse de 18 *km* à l'heure qui correspond à un travail prolongé de 366 *ch* pour 80 m^2 de surface de chauffe, soit plus de 4 1/2 *ch* par mètre carré, et serait nécessairement plus élevée pour une vitesse de 12 à 15 kilomètres à l'heure. « Ce tableau montre clairement, dit M. Levy-Lambert, l'infériorité des machines à adhérence sur les rampes de 30 *mm* et au-dessus. » C'est beaucoup parce

que les exemples donnés dans ce tableau pour les machines à adhérence ont été mal choisis. D'ailleurs le degré d'utilisation de la locomotive n'est pas le seul élément pour le choix à faire.

Un fait très significatif est qu'en Suisse, en même temps que les chemins de fer à crémaillère continuent à se développer, les lignes à adhérence à fortes déclivités se propagent peut-être plus rapidement encore. Il y a en ce moment dans ce pays, en exploitation ou en construction à notre connaissance, 16 chemins de fer à adhérence ayant des déclivités supérieures à 35 *mm* p. mètre (tramways non compris) dont 8 ont ces déclivités supérieures à 40 *mm*. En tête vient toujours la ligne de l'Uetliberg avec sa rampe maxima de 70 *mm*.

Cette ligne si connue fournit surtout un exemple très remarquable qu'aurait pu donner M. Levy-Lambert à l'appui de ses considérations sur le choix d'un système. Dans la séance du 7 mai 1875, en donnant à la Société quelques renseignements sur ce chemin de fer que nous venions de visiter, nous disions qu'il y avait un élément de comparaison très intéressant au point de l'adhérence et de la crémaillère entre l'Uetliberg et la ligne également nouvelle alors de Rorschach-Heiden. Cette comparaison est, en effet des plus instructives et nous allons en donner dans le tableau ci-dessous tous les éléments empruntés aux statistiques des chemins de fer suisses pour l'année 1890.

Lignes	Rorschach-Heiden.	Uetliberg.
Système	Crémaillère.	Adhérence.
Différence de niveau à franchir	384,4 *m*	399 *m*
Longueur du tracé	7 108 *m*	9 046 *m*
Déclivité moyenne	5,4 0/0	4,4 0/0
Déclivité maxima	9 0/0	7 0/0
Rayon minimum des courbes	120 *m*	135 *m*
Prix total d'établissement	2 160 000 *f*	1 587 526 *f*
Prix par kilomètre	370 284 *f*	173 984 *f*
Dépense de traction par kilomètre de parcours	2,02 *f*	1,05 *f*
Recette brute kilométrique	14 601 *f*	10 822 *f*
Dépense kilométrique	11 961 *f*	6 842 *f*
Coefficient d'exploitation	81,9 0/0	63,22 0/0
Produit net kilométrique	2 640 *f*	3 980 *f*
Produit pour cent du capital d'établissement	0,93 0/0	2,22 0/0
Durée du trajet à la montée	48 minutes.	30 minutes.
Vitesse à l'heure, arrêts compris	8,9 *km*	18 *km*
Hauteur verticale franchie en une heure.	481 *m*	798 *m*

Il était difficile, croyons-nous, de trouver deux lignes ayant plus de similitude et fournissant mieux les éléments d'une comparaison équitable. Certaines des considérations émises par M. Levy-Lambert tendraient peut-être à prouver que la ligne de l'Uetliberg aurait dû être faite à crémaillère. L'expérience semblerait au contraire indiquer que

celle de Rorschach-Heiden aurait pu avec avantage être faite à adhérence, car le faible allongement qui en serait résulté aurait été probablement plus que compensé par le moindre coût d'établissement kilométrique et par la moindre dépense d'exploitation. Nous avons oublié de dire plus haut qu'un élément dont l'importance est considérable, le rayon de courbure, est plutôt en faveur de l'adhérence que de la crémaillère, car celle-ci ne se prête pas facilement à l'emploi des petits rayons moins par son défaut de flexibilité propre que par les dispositions actuelles des machines. L'emploi de la voie de 1 *m* serait donc plutôt en faveur de l'adhérence, d'autant plus que la difficulté d'établir des machines mixtes à crémaillère croît à mesure que diminue l'écartement des rails.

On nous pardonnera de nous être étendu si longuement sur cette question, mais il nous a paru utile de réagir autant que possible contre une tendance à ce qu'on pourrait appeler l'abus de la crémaillère, abus dont on peut déjà citer quelques exemples et qui n'est que le produit d'un engoûment irréfléchi ou de cette idée en honneur dans certains milieux que le mot de crémaillère fait en ce moment de l'argent.

Nous sommes d'ailleurs entièrement d'accord sur ce sujet avec l'auteur qui a eu soin de signaler ce danger.

L'ouvrage de M. Levy-Lambert se termine par un certain nombre de documents annexes, tels que cahiers des charges, comptes rendus, règlements et renseignements divers relatifs aux chemins de fer à crémaillère.

Comme conclusion de ce résumé un peu long peut-être, nous dirons que l'ouvrage que nous venons de présenter constitue un travail consciencieux et de nature à rendre les plus grands services à la profession en mettant à la disposition des intéressés une foule de renseignements utiles sur la construction et l'exploitation des chemins de fer à crémaillère, renseignements les uns inédits, les autres disséminés jusqu'ici dans des publications périodiques presque toutes étrangères et plus ou moins difficiles à consulter. Nous le recommandons donc vivement à ceux de nos collègues que la question pourrait intéresser. Si nous avons cru devoir émettre, au cours de ce compte rendu, une critique qui porte sur une question de mesure et non sur une de principe, l'auteur voudra bien ne l'attribuer qu'à l'intérêt qu'a pour nous le sujet qu'il a traité et le cas que nous faisons de son travail.

Essais de pureté des réactifs chimiques. — Guide pratique à l'usage des laboratoires de chimie et de microbiologie, par C. Krauch. Edition française annotée par J. Delaite. — Liège, Marcel Nierstrasz, éditeur. — Paris, A. Lemoigne, libraire, 12, rue Bonaparte.

Cet ouvrage, que l'éditeur a bien voulu offrir à notre Société, a pour objet de réunir, sous forme de traité, les différentes méthodes propres à l'essai des réactifs chimiques, méthodes jusqu'ici disséminées dans des traités d'analyse, des ouvrages de pharmacie et des revues spéciales où leur recherche était souvent difficile et laborieuse. Dans l'édition française dont nous nous occupons, les réactifs sont rangés par ordre alpha-

bétique de leur nom scientifique français pour la plus grande commodité du lecteur.

L'obtention de réactifs d'une pureté aussi complète que possible est d'une si grande importance pour la science et l'industrie que cet ouvrage ne peut manquer de rendre de réels services dans les laboratoires.

Industrie des phosphates et superphosphates. — Manuel pratique des analyses chimiques des matières phosphatées, par A. Gasc, ingénieur. — Liège, Marcel Nierstrasz, éditeur. Paris, A. Lemoigne, libraire.

Le but de ce petit manuel, que nous devons également à l'obligeance de l'éditeur, est de réunir les diverses méthodes analytiques employées pour le dosage de l'acide phosphorique dans les phosphates. Cette question est d'une grande importance en pratique, car il n'existe pas de dosages qu'on ait plus souvent à faire dans les laboratoires agricoles que ceux des composés de phosphore, cet élément absolument indispensable à l'existence et au développement des êtres vivants, plantes ou animaux, et il n'y en a peut-être pas dont la détermination exacte présente autant de difficultés.

L'ouvrage donne les divers procédés de dosage des matières contenues dans les phosphates naturels, les superphosphates, les scories de déphosphoration des poudres d'os et noirs, les guanos, etc., ainsi que la préparation des réactifs et liqueurs de dosage. Il entre dans de minutieux détails sur la succession et la conduite des opérations nécessaires et signale les causes d'erreur à éviter pour obtenir des résultats suffisamment exacts.

Contribution à l'étude du fonctionnement des chaudières à vapeur. — Épuration de l'eau d'alimentation. Incrustations. Entrainement de l'eau par la vapeur, par J. de Mollins. — Liège, Marcel Niestrasz, éditeur. Paris, A. Lemoigne, libraire.

Cet ouvrage, encore offert à la Société par le même éditeur, traite de trois questions capitales pour la marche des générateurs à vapeur. Personne n'ignore que l'impureté des eaux d'alimentation est une cause de dépense de combustible, d'altération des chaudières et de frais, même lorsqu'elle n'est pas la cause trop fréquente d'explosions. L'auteur décrit rapidement les appareils et les réactifs nécessaires pour faire le titrage des eaux par la méthode hydrotimétrique due à Boutron et Boudet. Il indique également les méthodes à employer pour faire l'épuration préalable des eaux dont la composition a été reconnue.

Cette méthode rationnelle et scientifique ne doit pas dispenser, d'après M. de Mollins, de rechercher par mesure directe quelle est l'action incrustante des eaux et il indique des appareils fort simples dans lesquels on peut reproduire en petit ce qui se passerait en grand dans une chaudière si on l'alimentait avec la même eau. Il recommande cette méthode aux industriels désireux d'être rapidement fixés avant d'entreprendre des essais en grand, généralement coûteux et lents à produire le résultat recherché.

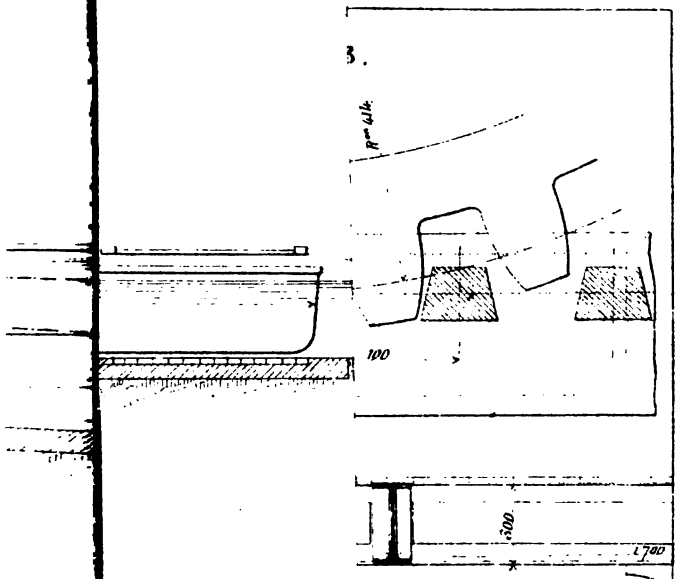
L'entrainement de l'eau avec la vapeur est une des questions sur les-

quelles on a émis les appréciations les plus divergentes ; il varie d'ailleurs dans de grandes limites avec les générateurs et les circonstances de leur fonctionnement. L'auteur opère, pour évaluer la proportion d'eau entraînée, par l'analyse chimique de l'eau de la chaudière et de l'eau entraînée par la vapeur. Le moyen le plus simple est de doser par le nitrate d'argent les chlorures généralement contenus dans l'eau. Il cite deux résultats extrêmes obtenus par cette méthode. Le premier est relatif à une petite chaudière verticale locomobile à allure forcée, avec laquelle on a obtenu de la vapeur entraînant 40 0/0 d'eau. Le second concerne de grands générateurs fixes alimentant une machine Corliss où l'entraînement d'eau a été reconnu pratiquement nul.

Pour la Chronique, les Comptes rendus
et la Bibliographie :

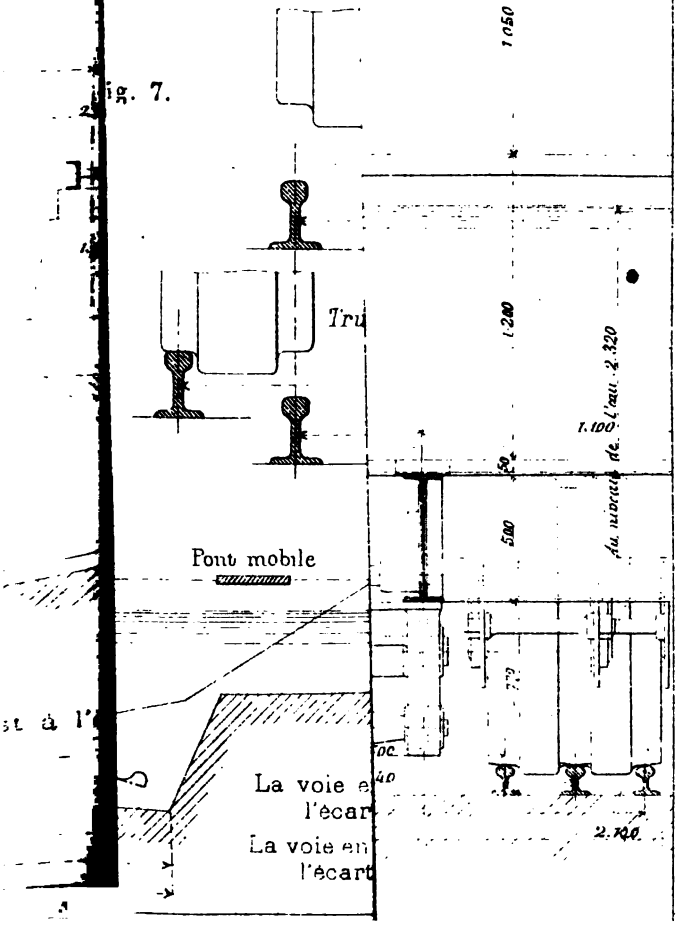
A. Mallet.

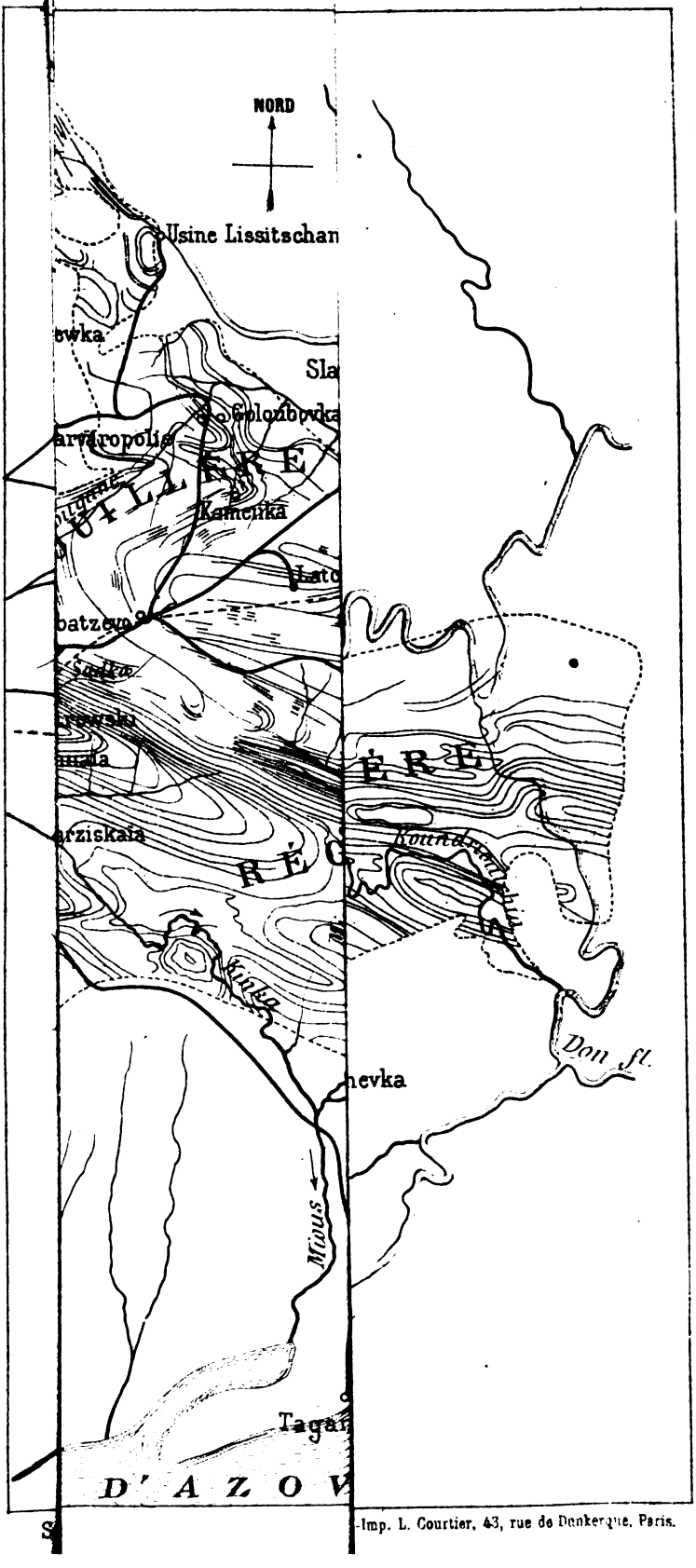
PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE DERGERE. — 13510-6-92.


3.
100
300
1700

ig. 5.
ur (C

ig. 7.


1050
1200
1.100
Au niveau de l'eau 2.320
500
Pont mobile
La voie e
l'écar
La voie en
l'écart
2.200



Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUIN 1892

N° 6

Sommaire des séances du mois de juin 1892 :

1° *Décès* de MM. Victor Rose, sir James Brunless, J.-E. Chauveau, L. de Joannis et J. V. Moerath. (Séances des 3 et 17 juin), pages 705 et 710;

2° *Décorations* de MM. X. Rogé et A.-A. Berton. (Séance du 17 juin), page 711;

Nominations de membres du Conseil supérieur du travail (MM. Parent et Liébaut), et de membres des Comités d'admission à l'Exposition de Chicago. (Séance du 17 juin), pages 711 et 712;

3° *Eaux d'Amsterdam* (Lettre de M. Van Hasselt à propos du compte rendu du voyage de la Société en Hollande et des). (Séance du 17 juin), page 713;

4° *Électricité* (Création d'une section d'). (Séance du 3 juin), page 706;

5° *Exposition de Chicago* (Nomination de M. le marquis de Chasseloup-Laubat comme délégué de la Société à l'). (Séance du 17 juin), page 712;

6° *Ouvrages reçus* (Présentation de divers). (Séances des 3 et 17 juin). pages 705 et 712;

7° *Raccordement parabolique des voies* (Lettre de M. Ed. Roy au sujet du). (Séance du 3 juin), page 705;

8° *Ascenseur à plan incliné pour transbordement de bateau*, par M. A. Mallet. (Séance du 17 juin), page 724;

9° *Câbles sous-marins français* (Le premier réseau de), par M. E. Vlasto. (Séance du 17 juin), page 724 ;

10° *Métallurgie dans l'Amérique du Sud et principalement au Chili* (Situation de la), par M. Ch Vattier. (Séance du 3 juin), page 706 ;

11° *Prix et médailles de la Société pour 1891* (Proclamation des lauréats des), discours de M. P. Buquet, Président. (Séance du 17 juin), page 720 ;

12° *Situation financière de la Société* (Exposé de la), par M. Le Trésorier, premier semestre de 1892. (Séance du 17 juin), page 714.

Pendant le mois de juin 1892, la Société a reçu :

32789 — Du Ministère des Travaux publics d'Italie. *Catalogo della Esposizione nazionale di Palermo del 1891-1892* (in-8° de 164 p.). Imola, 1892.

32790 — De la Direction de l'École des Ponts et Chaussées. *Documents sur les fermes métalliques à grande ouverture*, par F. de Dartein et J. Boulard (in-4° de 8 p., 3 tableaux et 33 pl. avec notices autographiées). Paris, 1892.

32791 — De M. Barrier. *Rapport du jury international sur l'Exposition universelle de 1889. Machines à produire le froid et la glace. Rapport de M. Barrier* (grand in-8° de 175 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1892.

32792 — Du Ministero dei Lavori pubblici. *Cenni monografici sui singoli servizi dipendenti dal Ministero dei Lavori pubblici per gli anni 1884 à 1890* (grand in-folio de 529 p.). Roma, G. Bertero, 1892.

32793 — Du National Museum. *A preliminary descriptive Catalogue of the systematic Collections in economic Geology and Metallurgy in the United States National Museum*, by Fred. P. Dervey (in-8° de 256 p. et 34 pl.). Washington, Government Printing office, 1891.

32794 — De l'*Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Section française. Exercice 1891*. Nancy, Berger-Levrault, 1892.

32795 — *Prix de revient de la fabrication des Briques de l'Usine de la Garenne à Vanves*. (Petit in-4° de 4 p. manuscrites.)

32796 — De M. E. Flavien (M. de la S.). *L'Industrie textile, 7e année, 1891*. Paris.

32797 — De MM. Gauthier-Villars fils, éditeurs. *Recettes, conservation et travail des bois*, par Alheilig (petit in-8° de 197 p.). Paris, Gauthier-Villars fils et Masson, 1892.

32798 — Des Mêmes. *La Distribution de l'électricité. Usines centrales*, par V. Picou (petit in-8° de 163 p.). Paris, Gauthier-Villars fils et Masson, 1892.

32799 — Du Ministère des Travaux publics. *Statistique de la navigation*

intérieure. Recensement de la batellerie pour l'année 1891. Paris, Imprimerie nationale, 1892.

32800 — De Madame A. Durand-Claye. *Hydraulique agricole et Génie rural*, par A. Durand-Claye et F. Launay. (Tome second, grand in-8° de 699 p.) Paris, O. Doin, 1892.

32801 — *Revue nationale Le Commerce et l'Industrie. Manuel de la Commission et de l'Exportation*, 12e année. Édition de 1892. Paris, Ch. Blot, 1892.

32802 — De M. A. de Ibaretta (M. de la S.). *Legislación de aguas*, por D. Aurelio Bentabol y Ureta y D. Pablo Martinez Pardo. (In-8° de 630 p.). Madrid, 1879.

32803 et 32804 — Du même. *Repertorio de la novisma Legislación de aguas*, por D. Aurelio Bentabol y Ureta. (In-8° de 335 p. avec appendice). Madrid, 1881.

32805 — De M. William Jackson. *Engineering Department. Twenty fifth annual Report of the City Engineer Boston*, for the year 1891. Boston, 1892.

32806 et 32807 — Du Ministero dei Lavori pubblici. *Cenni Monografici sui singoli servizi dependenti dal Ministero dei Lavori pubblici per gli anni 1878, 1879, 1880, compilati in occasione della Esposizione nazionale di Milano dell' anno 1881, e per gli anni 1881, 1882, 1883 compilati in occasione della Esposizione nazionale di Torino, dell' anno 1884.* (Grand in-folio de 414 p. et de 582 p.). Roma, Eredi Botta, 1881 et 1884.

32808 — Du Ministère des Travaux publics. *Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1888. Documents divers. 1re partie. France. Intérêt général.*

32809 — Du même. *Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1890. Documents principaux.* Paris, Imprimerie nationale, 1892.

32810 — De M. J. Gougé. *Annuaire des mines, de la métallurgie, de la construction mécanique et de l'électricité.* Edition de 1891. Paris, E. Bernard et Cie, 1892.

32811 — De M. Ed. Simon (M. de la S.). *Rapport sur le prix fondé par M. le marquis d'Argenteuil et accordé à M. Josué Heilmann, inventeur de la peigneuse mécanique.* (Petit in-4° de 8 p.). Paris, Veuve Bouchard-Huzard, 1857.

32812 — De M. J.-J. Heilmann (M. de la S.). *Rapport du jury de la 7e classe sur la peigneuse Heilmann, Exposition de 1855.* (In-8° de 12 p.). Paris, E. Vignancour, 1856.

32813 — *Bulletin de l'Institut Egyptien, 3e série, n° 2, année 1891.* Le Caire, 1891.

32814 — De M. A. Gillon (M. de la S.). *Rapports du jury international sur l'Exposition universelle de 1889. Classe 48. Préparation mécanique des minerais. Matériel de la métallurgie. Rapport*

de M. A. Gillon. (Grand in-8° de 65 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1891.

32815 — De M. N.-Th. Michaelis (M. de la S.). ***Brug over de oude Maas te Dordrecht.*** (Grand in-4° de 38 p. avec 20 pl.). S'Gravenhage, 1892

Les membres nouvellement admis pendant le mois de juin sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

A. Bauchère,	présenté par MM.	J. Candlot, Montupet et H. Mathieu.
J.-E. Benoiste,	—	J. Armengaud, Denoyelle et Mardelet.
Ch.-E. Delessard,	—	P. Buquet, Jousselin et Level.
P. Jametel,	—	P. Jousselin, Gottschalk et F. Delmas.
L.-J.-M. Limet,	—	P. Jousselin, P. Buquet et Carimantrand.
A.-L. Pluvier,	—	Ch. Gibault. E. Gibault et E. Vinet.
E.-J. Renaud,	—	P. Buquet, Chatard et Jousselin.
L.-A. Rousset,	—	A. Dumont, L. Dumont et Couderc.

Et comme membres associés, MM. :

A. Begeet,	présenté par MM.	Coiseau, Couvreux et Godillot.
P.-G. Maunoury,	—	Cornuault, Desforges et de Dax.
E. Siry,	—	Coiseau, Couvreux et Godillot.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1892

Séance du 3 juin 1892.

PRÉSIDENCE DE M. P. BUQUET

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part du décès de M. Victor Rose, membre de la Société depuis 1881, dessinateur industriel bien connu par ses nombreux et remarquables plans et dessins. Portant le plus grand intérêt à notre Société, Victor Rose suivait attentivement nos travaux.

C'est à lui qu'est dû le charmant dessin qui figura sur nos cartes et nos programmes lors de l'Exposition de 1889.

V. Rose était professeur à la Chambre syndicale du papier, Officier de l'Instruction publique et Chevalier du Mérite agricole.

M. LE PRÉSIDENT signale parmi les ouvrages reçus une notice de M. de Coëne, qui a été faite pour les Ateliers de la Seine-Inférieure, et donnant des conseils pratiques sur les soins à apporter aux ouvriers blessés.

Il signale aussi l'envoi par notre collègue, M. Flavien, de la collection du journal l'*Industrie textile*, pour l'année 1891.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il a reçu de M. Ed. Roy une lettre relative au raccordement parabolique des voies. M. Roy dit qu'il est à peu près d'accord avec les contradicteurs que la publication de sa lettre avait suscités et qu'il admet que la façon de poser la voie joue un très grand rôle.

M. LE PRÉSIDENT annonce la réception d'une lettre de l'École municipale Diderot, faisant part de l'ouverture d'un concours pour le poste de directeur de cette école professionnelle. La fonction consiste à diriger l'enseignement pratique et théorique à l'école.

M. le Président donne la parole à M. Trélat pour présenter un ouvrage de M. A. Durand-Claye.

M. TRÉLAT a l'honneur de présenter à la Société, de la part de la Veuve de M. A. Durand-Claye, le second volume du *Traité d'Hydraulique agricole et de Génie rural* de son mari. C'est un livre très important qu'elle

vient de publier d'après les notes de l'auteur, arrangées par elle. Le livre est écrit par un des élèves de Durand-Claye, M. Launay. M. Trélat a déjà présenté à la Société le premier volume.

Ce second volume contient sept chapitres sur les questions agricoles : les engrais, les irrigations, le desséchement, les colmatages, les polders, les drainages, les fixations des dunes, l'assainissement municipal et l'utilisation des eaux d'égout.

M. Trélat rappelle que c'est à la République de 1848 qu'on a dû de voir introduire le titre Génie rural dans la science, lorsqu'elle a essayé de créer l'Institut agronomique. A cette époque, il y avait déjà à l'Ecole des Ponts et Chaussées un cours d'hydraulique agricole ; il traitait de la question de l'utilisation des eaux sur le sol. Depuis une trentaine d'années ce cours, devenu celui de « cours d'hydraulique agricole et de génie rural », fut professé par Mangon, puis par Durand-Claye. C'est ce dernier qui, avec la largeur d'esprit, les hautes qualités et la vaillance de l'homme que l'on connaît, a donné à cette science un essor dont ce livre traduit l'importance.

M. Trélat demande qu'un membre de la Société veuille bien faire de ce travail un compte rendu complet.

M. LE PRÉSIDENT espère que M. Trélat voudra bien prendre cette peine. Personne ne pourrait le faire mieux que lui.

M. LE PRÉSIDENT annonce que le Comité a décidé aujourd'hui que la Quatrième Section de travail de la Société intitulée « Physique et Chimie industrielles » aurait à l'avenir une Sous-Section d'Électricité ; ceci pour donner satisfaction à un certain nombre de nos collègues qui ont témoigné le regret que la Société ne s'occupât pas davantage d'électricité.

La quatrième section prendra donc désormais le titre suivant :

4° *(a) Physique et Chimie Industrielle;*
(b) Électricité.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Ch. Vattier pour sa communication sur l'*État actuel de la métallurgie dans l'Amérique du Sud, et principalement au Chili : son avenir et son importance au point de vue de l'industrie et du commerce français.*

M. CH. VATTIER commence par rappeler les travaux du professeur Leplay, publiés en 1848 et ayant eu pour objet de signaler à l'attention des métallurgistes français la possibilité d'établir, en France même, une concurrence au marché des cuivres, monopolisé en Angleterre et surtout à « Swansea ».

Regrettant qu'alors on n'ait pas prêté plus d'attention aux observations patriotiques de Leplay, il désire démontrer que dans d'autres pays européens, principalement en Allemagne, on monopolise *actuellement* les principaux produits de la métallurgie de l'Amérique du Sud, tels que : argent métallique, cuivres argentifères, plombs argentifères, mattes complexes de ces métaux, minerais de cuivre, plomb, argent, étain, bismuth, antimoine, etc., provenant de la République Argentine, Chili, Pérou, Bolivie, débarqués en grande partie provisoirement au Havre pour être ensuite expédiés à Hambourg, et partout, sauf dans des usines françaises.

, Il croit possible que ces produits soient acquis dans des conditions avantageuses dans notre pays et, pour qu'on puisse établir des calculs de prix de revient, il remet à la Société un relevé des factures de vente de ces divers produits, obtenus dans des usines métallurgiques qu'il dérige au Chili et qui ont été expédiés en Europe.

Enfin il se met à la disposition de tous ses collègues et de tous les métallurgistes français pour leur fournir tous les renseignements dont ils pourraient avoir besoin pour l'étude de cette question.

Avant d'aborder les questions techniques relatives à l'industrie métallurgique de l'Amérique du Sud, M. Vattier croit devoir donner quelques explications générales sur ces régions lointaines et principalement sur le Chili, pays qu'il a habité pendant de longues années. Ses explications se portent surtout sur les points suivants :

Conditions de climat, habitants, constitution politique du pays. — Le climat du Chili est très sain, ses habitants hospitaliers, ses ouvriers intelligents, soumis et propres à tous les travaux des mines et de l'industrie. Après une révolution sanglante qui a duré huit mois, la paix est rétablie complètement au Chili et sûrement pour de longues années. Son régime de gouvernement est constitutionnel, son président élu pour cinq ans ne peut gouverner que d'accord avec un Sénat et une Chambre des députés, ses tribunaux sont parfaitement organisés, leur Code est très semblable au Code français et offre toute garantie pour le respect des personnes et des biens.

Voies de communication, villes principales, habitations. — Le Chili est déjà sillonné par de nombreuses lignes de chemins de fer, principalement de l'Ouest à l'Est dans la région Nord, et longitudinalement au Centre et dans la région Sud ; on projette actuellement la construction d'un grand nombre de nouvelles lignes. Plusieurs services de bateaux à vapeur étrangers et nationaux et de voiliers mettent en communication les divers ports du Chili entre eux et avec les autres nations.

Les villes principales du nord au sud sont : Iquique, Antofagasta, Taltal, Copiapo, Vallenar, Coquimbo, Serena, Ovalle, Illapel, Valparaiso, Santiago, Talca, Angol, Concepcion, Lota, Valdivia, Puerto Montt.

Les habitations dans les grandes villes sont luxueuses, généralement très basses, à cause de la crainte des tremblements de terre, et on remarque, à Santiago principalement, plusieurs édifices assez importants.

Les services d'éclairage par le gaz et la lumière électrique, des télégraphes et téléphones, des tramways, etc., prennent chaque jour plus d'extension.

Industries principales. — Dans la province de Tarapaca et d'autres régions voisines, l'exploitation des salpêtres seule produit, comme impôt, un revenu annuel de plus de 25 millions de piastres à la nation ; la fabrication de l'iode, extrait des eaux-mères provenant du traitement des salpêtres, mérite une mention spéciale. De très grandes usines, parfaitement outillées d'après les derniers perfectionnements, traitent ces salpêtres bruts pour les amener à un titre d'environ 95 0/0.

En dehors des salpêtres, borax, marbres, etc., on remarque dans tout le Chili l'existence de nombreuses industries : fabriques de sucre de betteraves, d'alcool de grains et de pommes de terre, de bière d'excellente

qualité, de cordes, produits chimiques, tanneries, ateliers de fonderie et de construction, briqueteries, fabriques de poudre de mine, d'amidon, etc., etc.

Il conviendrait d'étudier de nouvelles installations industrielles, comme celle de la fabrication de l'acide sulfurique, etc.

Division géographique et géologique du Chili. — Au point de vue du climat, exerçant, surtout à cause de la facilité de se procurer de l'eau, une grande influence sur l'agriculture et l'industrie, on peut diviser le Chili en trois régions : celle de l'extrême Nord où l'eau est très rare et la végétation insignifiante; celle du Centre comparable au midi de la France, et enfin celle du Sud où les pluies sont extrêmement abondantes. Quant à la division géologique de l'Ouest à l'Est, il faut distinguer la chaines de montagnes de la Cordillère de la côte et celle proprement dite des Andes : dans chacune des trois régions qu'on rencontre depuis la côte jusqu'à la Cordillère des Andes, M. Vattier indique, au point de vue géologique, les roches et terrains existants.

Mines et Usines métallurgiques. — On rencontre surtout les mines dans les parties Nord et Centrale du Chili, depuis la côte jusqu'à des niveaux très élevés de la Cordillère. On exploite peu de mines dans les régions du Sud, à l'exception des mines de lignites de Lota, Coronel, Arauco, Lebu, etc., qui sont concentrées au sud de Concepcion dans la même région.

Il est fait une énumération des mines de cuivre, or, argent, etc. De nombreuses usines métallurgiques traitent par le lavage, par voie humide et par la fonte, les minerais d'or, argent, plomb, mercure, etc.. extraits de ces mines.

L'exploitation des mines de manganèse, principalement dans la province de Coquimbo, a pris un très grand développement et il convient d'appeler l'attention des sidérurgistes français sur ces minerais de manganèse du Chili, expédiés pour le moment uniquement en Angleterre et aux États-Unis.

Combustibles. — En dehors de certains combustibles végétaux, il existe au Chili un lignite d'assez bonne qualité, exploité sur une très grande échelle et employé dans les usines métallurgiques, dans la navigation à vapeur, pour la fabrication du gaz, etc.

Une description spéciale des principales mines et usines de Lota donne l'analyse de ces lignites, leur mode d'exploitation, prix, etc. Une courte description des autres industries installées à Lota : fabriques de briques et poteries, de bouteilles, fonderies de cuivre, etc., accompagne cette étude.

Matières réfractaires, fondants. — On rencontre sur plusieurs points des quartz et argiles réfractaires d'assez bonne qualité et des fondants comme : la castine (carbonate de chaux) et oxyde de fer, dont plusieurs échantillons sont soumis à la Société.

Métallurgie en général au Chili. — Le lavage ou concentration des minerais d'or et de cuivre existe auprès de plusieurs groupes de mines et présente des difficultés qu'il était important de signaler.

Les traitements par voie humide et par voie sèche des minerais d'or, argent et plomb, cuivre, etc., sont faits au Chili par des procédés *très*

perfectionnés, dont beaucoup sont *très peu connus* en France. On a surtout perfectionné au Chili le traitement des minerais d'argent par la voie humide et même par la voie sèche dans des fours à manche spéciaux (demi-hauts fourneaux), ainsi que celui des minerais de cuivre par la fonte et la bessemération.

M. Vattier dit qu'il pourrait donner, dans une communication supplémentaire spéciale, tous les détails techniques relatifs à ces divers traitements.

Il indique quels sont les *produits* et *sous-produits* obtenus au Chili et dans d'autres contrées de l'Amérique du Sud, dans les diverses usines, et l'importance qu'il y aurait pour l'industrie française à acquérir ces produits.

Sidérurgie. — Comme question métallurgique de la plus haute importance, il faut étudier le projet de l'introduction prochaine de la sidérurgie ou métallurgie du fer au Chili. M. Wattier dit qu'il a été chargé par le Gouvernement Chilien de faire les études relatives à cette grave question, études qui ont duré trois ans et ont motivé la publication d'un ouvrage en quatre volumes qu'il est heureux d'offrir à la Société des Ingénieurs Civils et dans lequel on trouvera toutes les données permettant la solution du problème. Une analyse de ces travaux a été faite par MM. les Ingénieurs Dürr, Howine et Delafond, et un volume spécial fait connaître leurs travaux. Il serait à désirer que ce fût une Compagnie métallurgique française qui obtint le privilège des futures installations sidérurgiques et on peut compter sur l'aide le plus efficace de la part du Gouvernement Chilien *pour* la protection *à donner* à cette nouvelle industrie.

Amené, par la nécessité des études de la sidérurgie, dans les régions australes du Chili, surtout pour la recherche des combustibles végétaux, M. Vattier a pu, ayant à sa disposition des navires de guerre chiliens, faire des explorations dans des régions à peine connues, y faire plusieurs découvertes assez importantes, même au point de vue géographique, et il fait connaître d'une manière générale quelques-unes de ces nouvelles régions, au sujet desquelles il propose de faire des communications spéciales.

Des échantillons des divers bois sont déposés par lui sur la table du bureau. Plusieurs projections donnent une idée générale des habitations du Chili, de diverses usines, principalement d'une grande fabrique de bière, des mines et usines de Lota, de l'usine métallurgique de « Maitenes » située dans la Cordillère et enfin de quelques villes et forêts des régions australes.

Enfin M. Vattier termine en insistant sur la nécessité de faire toujours connaître en France tout ce qui se passe à l'étranger et en offrant sa plus entière coopération au but de progrès scientifique et industriel poursuivi par la Société des Ingénieurs Civils de France.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Ch. Vattier de sa très intéressante communication que l'Assemblée a entendue avec beaucoup d'intérêt. La Société est toujours heureuse qu'on vienne la tenir au courant de ce qui

se fait à l'étranger. Le travail de M. Vattier sera inséré dans l'un de nos prochains *Bulletins*.

La séance est levée à onze heures.

Séance du 17 juin 1892.

PRÉSIDENCE DE M. P. BUQUET, PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part des décès de MM :

J.-E. Chauveau, membre de la Société depuis 1872 et ancien Directeur des Fonderies de Torteron (Cher) ;

Sir James Brunless, membre de la Société depuis 1879, ancien Président de l'« Institution of Civil Engineers », de Londres ;

J.-V. Moerath, membre de la Société depuis 1867 et qui, malgré son éloignement de Paris, portait grand intérêt à notre Société ;

Et enfin de M. L. de Joannis.

M. GRUNER a la parole à ce sujet.

M. Léon de Joannis, administrateur-directeur des Fonderies de Brousseval, dans la Haute-Marne, appartenait à la Société depuis plus de vingt-deux ans.

Ancien élève de l'École des Mines de Saint-Étienne, dont il sortit l'un des premiers en 1857, M. Léon de Joannis entra de suite aux usines de MM. de Dietrich et Cie, de Niederbronn (Alsace), où il resta plus de quinze ans successivement comme chimiste, chef du service des hauts fourneaux, et enfin comme directeur des usines de Mouterhouse : ce fut lui qui eut le premier, en France, le mérite d'installer d'une façon pratique et avec un plein succès économique le procédé Bessemer.

Après le désastre de Reichshoffen, il transforma son usine en ambulance et se dévoua, avec un zèle admirable, à soulager nos blessés.

A peu de distance, notre petite forteresse de Bitche défendait héroïquement un passage important ; à plusieurs reprises, au péril de sa vie, M. de Joannis traversa les lignes ennemies pour porter des secours à la garnison, et, grâce à lui, plusieurs de nos meilleurs officiers purent, au moment de la reddition de la place, échapper à l'internement en Allemagne.

Décoré en 1871, sur la proposition du Ministre de la Guerre, M. de

Joannis dut quitter l'Alsace et abandonner ces usines dont il était devenu un des propriétaires par son mariage avec une des filles du baron Albert de Dietrich.

En Espagne, comme Directeur des usines de MM. Ybarra, à Bilbao, il eut de nouveau à faire preuve de ses grandes qualités d'Ingénieur pour y installer les procédés métallurgiques les plus perfectionnés, de son courage et de son sang-froid alors que les carlistes, assiégeant Bilbao, avaient fait de son établissement leur quartier général.

Quand il revint en France pour prendre la direction des usines de Pont-l'Évêque, il laissait un grand et bel établissement en pleine prospérité.

Appelé en 1886 au poste d'administrateur délégué de la Compagnie des fonderies de Brousseval, M. de Joannis a, en quelques années, donné un grand développement à ces usines, et a pris une large part à la construction de l'Exposition de 1889, dont les plus beaux moulages avaient été préparés par ses soins.

Travailleur infatigable, directeur toujours soucieux du bien-être de ses collaborateurs, même les plus modestes, patriote toujours prêt à servir son pays, M. de Joannis est de ceux qui font honneur à la Société des Ingénieurs civils.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

M. X. Rogé a été nommé Officier de la Légion d'honneur ;

M. A.-A. Berton a été nommé Officier du Nicham-Iftikar ;

MM. A. Liebaut et L. Parent ont été nommés membres du Conseil supérieur du Travail ;

Enfin, quatre-vingt-dix-sept de nos collègues ont été nommés membres des Commissions d'admission de l'Exposition de Chicago.

Liste des Membres de la Société nommés, membres des Comités chargés de statuer sur l'admission des Exposants Français et sur l'installation de leurs produits dans les locaux de l'Exposition Universelle Internationale de Chicago.

Groupe 18, classe 95. Agriculture et produits forestiers : MM. Hardon et Linard. — Groupe 17 : Enseignement agricole : MM. R. Berge, Chabrier, Hignette, Japy, Lavalard, Liébaut, Ronna et Tresca. — Groupe 19. Produits forestiers, aménagement des forêts : M. Léglise. — Groupe 19, Comité n° 5. Graisses, huiles et leurs dérivés : MM. Boire, Menier et Prevet. — Groupe 20. Vins et eaux-de-vie : MM. Cirier et Egrot. — Groupes 42 à 68. Mines et exploitations des mines et métallurgie : MM. Arbel, Bresson, Dehaynin, Deutsch, Dru, Ghesquière, Grimault, Hallopeau, Jordan, Létrange, Rogé, Schneider et Vuillemin. — Groupes 69 et 70. Machines : MM. Bourdon, Delaunay-Belleville, Domange, Féray, Garnier, Gibault, A. Piat et H. Rouart. — Groupe 72 : Matériel et procédés du tissage et des produits confectionnés : MM. Denis et Imbs. — Groupes 71, 73 et 79. Machines-outils

diverses : MM. Bariquand, Bérendorf, Bouhey, Dehaitre, Ermel, Herscher, Mignon et Richemond. — Groupes 80 à 82. Moyens de transport, chemins de fer, navires, etc.: MM. Chevalier et Pontzen. — Groupes 83 à 84. Véhicules et procédés de transport sur routes : MM. Binder et Bixio. — Groupes 85 et 86. Transports maritimes et fluviaux, marine militaire : MM. Camus et Péreire. — Groupes 87 et 88. Produits chimiques et pharmaceutiques : MM. Asselin, Lorilleux et Poirrier. — Groupe 89 : Machines à écrire, registres, papeterie : MM. Blanchet et Dumont. — Groupes 91, 94 et 95. Céramique et mosaïque, verrerie : MM. Appert, Guilbert-Martin et Maës. — Groupes 93 et 114. Appareils d'éclairage, ouvrages d'art en métal, émaux : MM. Cornuault et Durenne. — Groupes 97, 98 et 99. Articles d'or et d'argent, joaillerie, horlogerie ; MM. Bouilhet et P. Garnier. — Groupes 100 à 103. Tissus divers et soieries : M. Wallaert. — Groupe 113. Matériel de guerre, armes de guerre et de chasse : MM. Canet et Gévelot. — Groupes 115 à 120. Matériel et appareils de chauffage : MM. Boas, Bricard, Gaget, Godillot-Alexis, Grouvelle et Holtzer. — Groupes 132 à 135. Appareils divers pour l'électricité et le magnétisme : MM. Carpentier, Fontaine, Ménier, Monnier, Postel-Vinay et Sautter. — Groupes 147 et 148. Appareils et instruments de chirurgie et de médecine : M. Geneste. — Groupe 149. Enseignement secondaire et supérieur : MM. Cauvet et Jacquemart. — Groupes 151 et 112. Instruments de précision, photographie : MM. Braun. Darlot, Laussédat et Paupier. — Groupe 152. Génie civil, travaux publics, architecture : MM. Baudet, Bouvard, Garnier, Guillotin, Mesureur, Moisant, Pierron, Reymond et Trélat. — Groupes 153 à 157. Gouvernement, législation, commerce, banque, etc. : MM. Gruner et Remaury.

M. le Président dit que la Société a reçu divers ouvrages dont la liste est insérée au procès-verbal et ajoute que l'ouvrage de M. Cheysson, dont M. Polonceau a fait l'analyse à la dernière séance, vient d'être honoré du Prix Montyon de l'Académie (1).

M. Cheysson a adressé à la Société une lettre de remerciements au sujet de ce compte rendu.

M. le Président informe la Société qu'un concours sera ouvert à Paris, le 10 octobre prochain, au Conservatoire des Arts et Métiers, pour la nomination d'un Ingénieur chargé des travaux dans une École d'Arts et Métiers. Le programme, joint à la lettre de M. le Ministre du Commerce, est déposé au secrétariat.

M. le Président annonce que le Comité a désigné comme délégué de la Société, à l'Exposition de Chicago, notre collègue M. le marquis de Chasseloup-Laubat. Il doit partir dans les premiers jours de juillet prochain et nous tiendra au courant des progrès de cette Exposition ainsi que de l'organisation des Congrès qui doivent avoir lieu en 1893 sur toutes les questions intéressant l'art de l'Ingénieur.

(1) Cet ouvrage est intitulé : *Les Budgets comparés des Cent monographies de familles publiées d'après un cadre uniforme dans « les Ouvriers européens » et « les Ouvriers des Deux Mondes »*, par M. Cheysson en collaboration avec M. A. Toqué, Ingénieur des mines. Grand in-8° de 157 p., chez Baudry, rue des Saints-Pères.

M. Ed. Lippmann a la parole pour donner lecture d'une lettre qui lui a été adressée par M. Van Hasselt, directeur de la Compagnie des Eaux d'Amsterdam, au sujet du compte rendu de l'excursion faite en Hollande par la Société, et s'exprime ainsi :

« Messieurs,

» Lorsque je vous ai rendu compte de notre voyage en Hollande, je vous ai dit quelques mots à propos des eaux d'alimentation d'Amsterdam ; j'ai touché, paraît-il, à une question très brûlante, ainsi que me l'apprend une lettre très courtoise que j'ai reçue de M. Van Hasselt, Ingénieur de la Compagnie des Eaux des Dunes à Amsterdam.

» Comme son auteur fait appel à mon bon vouloir pour faire une rectification, je vais donner communication, d'abord des lignes de mon mémoire qui ont motivé cette lettre, et, en même temps, de la lettre elle-même. Voici ce que je disais, bien entendu d'après des notes que j'ai prises sur place, mais dont je ne pourrais certainement plus me rappeler l'origine :

» Mais Amsterdam est fort mal alimentée, et comme l'insalubrité de la ville tient particulièrement à la parcimonie avec laquelle on distribue l'eau potable aux habitants, il s'est fait à ce sujet une étude des plus intéressantes ; il existe un volumineux projet que j'ai entre les mains et dont je pourrai peut-être rendre compte un jour ici, quand j'en aurai pu faire une bonne traduction. »

Et il y a en renvoi au bas de la page :

« La mortalité moyenne à Amsterdam dépasse 34 pour 1 000. »

« Dans sa lettre, M. l'Ingénieur Van Hasselt, s'autorisant de la bienveillante et scrupuleuse exactitude de la rédaction de notre compte rendu, espère qu'il sera fait bon accueil à la rectification qu'il demande ; les renseignements inexacts qui nous ont été fournis étant de nature à nuire à sa Compagnie.

» Il reconnaît bien que celle-ci n'est pas en mesure de pouvoir fournir actuellement toute l'eau qui est nécessaire à l'alimentation de la ville, et que, pendant les grandes chaleurs et le samedi particulièrement, la pression diminue au point de ne pas permettre de desservir les étages supérieurs des habitations ; mais il n'admet pas que cela soit une cause d'insalubrité, et il proteste contre la proportion de mortalité qui n'est pas sensiblement différente de celle de La Haye et Rotterdam, ainsi que cela résulte du tableau suivant dans lequel la mortalité par mille habitants est donnée, d'après des documents officiels, pour les dix dernières années :

	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891
Amsterdam. . . .	23 46	26 41	27 67	23 41	23 66	21 44	21. 57	22 03	21 95	21 73
Rotterdam	23 53	24 09	26 47	22 81	23 71	21 02	20 79	22 47	22 19	20 37
La Haye.	22 35	22 42	23 84	21 28	22 95	18 63	19 52	18 66	20 82	»

» M. Van Hasselt fait ensuite un exposé du conflit qui existe entre sa Compagnie et la Municipalité : Les travaux pour l'alimentation d'Amsterdam, exclusivement en eau des dunes, datent de 1853. Malgré plusieurs améliorations et extensions, la Compagnie n'arrivant pas à satisfaire à tous les besoins du service, fut autorisée, il y a huit ans, à faire une partie de la distribution en eau de rivière, mais à la condition que l'eau des dunes serait seule employée à l'alimentation ménagère, et que l'eau de rivière filtrée ne servirait que pour les usages industriels et l'arrosage des rues. La double distribution fut mise en fonction en 1888 et causa à la Compagnie une dépense de 17 millions. Mais on n'obtint pas encore le résultat attendu, parce que, en vertu de l'interdiction absolue de faire entrer dans les maisons bourgeoises autre chose que l'eau des dunes, celle-ci employée à l'arrosage des jardins et autres usages domestiques s'est encore trouvée insuffisante.

» Pour aboutir à une solution définitive, il faudrait installer une double canalisation dans chaque habitation, ou mieux, doubler la prise d'eau des dunes. La Commission des Eaux conclut à l'adoption du second projet, et on prétend mettre à la charge de la Compagnie actuelle les frais d'exécution qui ne s'élèveront pas à moins de 13 à 14 millions.

» M. Van Hasselt termine en disant qu'il croit impossible de faire une saine appréciation de l'état de la question sans bien connaître toutes les circonstances si diverses qui doivent entrer en ligne de compte ; aussi lui semblerait-il hors de saison que M. Lippmann donnât suite à son intention de faire, comme il l'a annoncé, une communication sur le projet qu'il a entre les mains et qui est celui de la Commission des Eaux. »

Après communication de cette lettre, M. Lippmann ajoute que M. Van Hasselt lui a adressé une petite brochure qu'il a rédigée sur la question il y a trois ans ; il l'a jointe au dossier qu'il possède, et il espère bien que quand il pourra être en mesure de présenter à la Société le rapport dont il a parlé, le conflit n'existera plus. Son travail sera alors d'autant meilleur qu'il pourra entrer dans tous les détails du projet sans craindre de blesser les susceptibilités de l'un ou l'autre des intéressés.

M. LE TRÉSORIER a la parole pour faire, conformément à l'article 16 des statuts, l'exposé de la situation financière de la Société.

SITUATION FINANCIÈRE AU 1er JUIN 1892

Nombre des Sociétaires.

Le nombre des Sociétaires était, au 1er décembre 1891, de. . .	2 331
Du 1er décembre 1891 au 1er juin 1892, le nombre des admissions a été de 90.	90
formant un total de	2 421
dont il faut déduire par suite de décès, démissions et radiations	41
Le total des membres de la Société au 1er juin 1892 est ainsi de.	2 380

Situation de la caisse au 1er juin 1892.

Le tableau des recettes et dépenses, annexé au compte rendu financier peut se résumer de la manière suivante :

Le solde en caisse, au 1er décembre 1891, était de . . Fr. 16 732,37

Les recettes effectuées du 1er décembre 1891 au 1er juin 1892 se répartissent ainsi :

RECETTES

1° Pour le fonds courant :

Cotisations. . . . . Fr.	18 094 »		
Droits d'admission	2 300 »		
Intérêts des valeurs de portefeuille.	3 569,70		
Vente de Bulletins et Mémoires; Abonnements et Annonces . .	4 760,70		
Location des salles de séances .	5 098 »		
Don pour le fonds de secours . .	154 »		
	33 976,40	33 976,40	

2° Pour le fonds inaliénable :

Exonérations : MM. Gane et Grenier.	1 200 »		
Dons volontaires : MM. Canet, 1 000 *f* ; Belelubski, 121 *f* ; Grenier, 39 *f*.	1 160 »		
	2 360 »	2 360 »	
Le total des encaissements s'élève ainsi à . .			36 336,40
et le montant des recettes effectuées au 1er juin 1892,			
en y ajoutant l'encaisse au 1er décembre 1891, à . . Fr.			53 088,77

DÉPENSES

1° Par le fonds courant :

Impressions, planches et croquis.	13 428,30	
Affranchissements et divers. . . .	4 033,33	
Appointements, travaux supplémentaires et chronique. . . .	9 210,40	
Frais de bureau, de sténographie et de séances.	1 306,95	
Prêts et secours	643,40	
Prix Annuel, Alcan et Coignet .	1 724,50	
A reporter. . . . Fr.	30 346,88	53 088,77

Report . . Fr.	30 346,88		53 088,77
Contributions, entretien de l'immeuble, assurances, frais de la cité, chauffage, éclairage, téléphone, etc.	5 218,97		
Solde de travaux prévus dans l'exercice précédent, calorifère.	1 000 »		
Classement de la bibliothèque.	1 164,30		
Pension de Mme Ve Husquin de Rhéville.	1 500 »		
Remboursement de bons de l'emprunt.	800 »		
Paiement des coupons échus . .	132 »		
Frais exceptionnels, gratifications, souscriptions.	2 191,30		
Frais de recouvrement des cotisations	308,52		
Frais du procès Fusco	833,35		
	43 495,32		
Le montant des dépenses étant de . . . Fr.		43 495,32	43 495,32
le solde en caisse, à la date du 1er juin 1892, est ainsi de . . . . . Fr.			9 593,45

Nous vous présentons également le Bilan de la Société dressé dans la forme habituelle ; il est arrêté à la date du 1er juin et se résume comme suit ; à l'actif sont portés :

L'Hôtel de la Société, pour . . . . . Fr.	279 602,20
Notre portefeuille, représenté par 476 obligations du Midi, deux titres de 285 *f* de rente 3 0/0 et 15 obligations de la Compagnie Madrilène du gaz	193 174,36
Les espèces en caisse.	9 593,45
La bibliothèque	9 213,10
Nos débiteurs et les cotisations arriérées au 1er juin 1892.	16 623,40
TOTAL. . . . . Fr.	508 206,51

Au passif figurent :

Nos créanciers (pour impressions, planches, reliure, travaux en cours, réfection du calorifère, etc.) . . . . Fr.	9 607,70
Les prix divers (échus ou en cours) s'élevant à.	7 688,01
Le compte « Fonds de secours »	428,40
Le montant des dons et exonérations restant à consolider .	2 165,21
Notre emprunt de 75 000 *f*, réduit à ce jour à	36 750 »
Le montant des bons en remboursement	11 050 »
Les coupons restant à payer ou à échoir.	2 818,50
Le capital social s'élevant à	437 698,69
CHIFFRE ÉGAL. . . . . Fr.	508 206,51

Notre avoir au 31 mai étant de 437 698,69 *f*, a donc augmenté au cours du semestre de 4 279,94 *f*; il n'était, en effet, au 30 novembre dernier, que de 433 418,75 *f*, ce qui accuse une situation financière satisfaisante.

Le nouveau traité que nous avons passé pour l'impression de nos publications qui représentent une de nos plus fortes charges, nous procurera, l'importance de nos *Bulletins* restant la même, une économie notable sur ce chapitre de nos dépenses.

Onze bons de notre emprunt ont été gracieusement offerts à la Société au cours du semestre par nos collègues, MM. Level et Kreglinger, que je remercie ici de leur généreux abandon.

Le montant des dons que nous avons recueillis sous cette forme, depuis l'origine de notre emprunt, s'élève au total à 18 000 *f*.

Votre Comité a décidé, comme vous en avez été informés déjà, **de rembourser, par anticipation, tous les bons qui restent en circulation,** s'élevant, non compris ceux qui sont sortis dans les tirages antérieurs, à la somme de 36 750 *f*. Nous nous sommes mis en mesure d'assurer les ressources nécessaires à cette opération.

Les porteurs de nos bons pourront se présenter à la caisse de la Société, à partir du 1er juillet prochain, pour en retirer le montant.

Vous remarquerez que le recouvrement de nos cotisations a été très faible pendant le semestre écoulé; 18 094 *f* contre 24 663,25 *f* encaissés l'année dernière à la même époque. Nous prions en conséquence nos collègues de réserver bon accueil à nos quittances qui vont être mises incessamment en recouvrement.

Parmi les dépenses exceptionnelles de l'exercice, il convient de mentionner les souscriptions que votre Comité a cru devoir voter en faveur des monuments élevés à la mémoire de deux de nos anciens collègues, que nous avons récemment perdus : MM. Alphand et Hirn.

En participant aux frais de monuments qui ont pour but de rendre impérissable le souvenir des travaux accomplis par ces collègues éminents, et de perpétuer la mémoire des services qu'ils ont rendus au Génie civil, notre Société s'honore elle-même dans la personne de ses collaborateurs les plus illustres, et elle ne pouvait mieux faire que de s'associer à la manifestation éclatante dont ils sont l'objet.

C'est à ce titre qu'elle a cru de son devoir de prendre part à la souscription ouverte pour l'érection des monuments Alphand et Hirn, ces grands noms qui sont un honneur pour la science française.

En résumé, Messieurs, notre situation est satisfaisante, et les ressources dont nous disposons nous permettent de nous imposer les sacrifices qui peuvent contribuer à faire connaître au dehors l'esprit de solidarité et de progrès qui anime la Société des Ingénieurs Civils de France.

COMPTE DES RECETTES ET DÉPENSES

Premier semestre de 1892.

RECETTES

En caisse au 1er décembre 1891.			Fr. 16 752,37
1° Pour le fonds courant:			
Cotisations. . . . . Fr.	18 094 »		
Droits d'admission	2 300 »		
Intérêts des valeurs de portefeuille . .	3 569,70		
Ventes de bulletins et mémoires; abonnements et annonces	4 760,70		
Location des salles de séances. . . .	5 098 »		
Pour le fonds de secours	154 »		
		33 976,40	
2° Pour le fonds inaliénable :			
Exonérations . . . . . Fr.	1 200 »		
Dons volontaires (MM. Canet, Belelubski et Grenier).	1 160 »		
		2 360 »	
			36 336,40
		Fr.	53 088,77

DÉPENSES

1° Par le fonds courant :	
Impressions, planches et croquis . . . . . Fr.	13 428,30
Affranchissements divers	4 033,38
Appointements, travaux supplémentaires, chronique.	9 210,40
Frais de bureau, de sténographie et de séances	1 306,95
Prêts et secours	643,40
Prix Annuel, Alcan et Coignet.	1 724,50
Contributions, entretien de l'immeuble, frais de la cité, éclairage, chauffage, assurances, etc.	5 218,97
Solde de travaux prévus dans le dernier exercice (Calorifère). .	1 000 »
Classement de la bibliothèque, livres, reliure, menuiserie, etc.	1 164,30
Pension de Mme veuve Husquin de Rhéville	1 500 »
Remboursement des Bons de l'emprunt.	800 »
Paiement des coupons échus.	132 »
Frais exceptionnels, gratifications, souscriptions, etc.	2 191,30
Frais de recouvrement des cotisations	308,52
Frais du procès Fusco.	833,35
	43 495,32
Solde en caisse au 1er juin 1892.	9 593,45
Fr.	53 088,77

BILAN AU 31 MAI 1892

ACTIF

Immeuble :		
a. Terrains et frais . . . . . Fr.	86 223,90	
b. Constructions et frais	150 814,65	
c. Mobilier et frais d'installation	42 563,65	
		279 602,20
Fonds inaliénable :		
a. Fonds social, 111 obligations du Midi	46 217,72	
b. Legs Nozo 19 » »	6 000 »	
c. Legs Giffard 131 » »	50 372,05	
d. Fondation Michel Alcan 1 titre de rente 3 0/0.	3 730 »	
e. Fondation Coignet » » .	4 285 »	
f. Fondation Couvreux 11 obligations du Midi. .	4 857,75	
g. Don anonyme	6 750 »	
		122 212,52
Fonds courant :		
204 Obligations du Midi.		70 961,84
Caisse :		
Solde disponible		9 593,45
Bibliothèque :		
Meubles, matériel, volumes achetés, etc..		9 213,10
Divers :		
a. Débiteurs divers	703 40	
b. Cotisations 1891 et années antérieures (après réduction de 50 0/0).	1 744 »	
c. Cotisations 1892 (solde restant à encaisser sur les cinq premiers mois).	14 176 »	
		16 623 40
	Fr.	508 206,51

PASSIF

Créditeurs divers :		
Impressions, planches et croquis, souscriptions et débiteurs divers. . . . . Fr.	9 107,70	
Réfection du calorifère (restant dû)	500 »	
		9 607,70
Prix divers 1892 et suivants :		
b. Prix Nozo	409,60	
c. Prix Giffard 1893 et rappel 1890.	6 907,54	
d. Prix Michel Alcan.	67,50	
e. Prix Coignet	75 »	
f. Prix Couvreux	228,37	
		7 688,01
Fonds de secours.		428,40
Valeurs à consolider :		
Somme à porter au Fonds inaliénable, après emploi		2 165,21
Emprunt 75 000 — Bons remboursés et amortis.. . . *9 200* »		
— Id. abandonnés sans affectation. . . *12 800* »		
— Id. abandonnés en vue de la reconstruction de l'Hôtel. *5 200* »	*18 000* »	
— Id. en remboursement	11 050 »	
— Restant dus	36 750 »	
		47 800 »
Coupons restant à payer sur 1890.	891 »	
— — sur 1891.	811 50	
— — sur 1892 (à échoir).	1 116 »	
		2 818,50
Profits et pertes :		
Avoir réel de la Société		437 698,69
	Fr.	508 206,51

M. LE PRÉSIDENT met aux voix l'approbation des comptes présentés par M. le Trésorier pour le premier semestre de l'exercice.

Ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT remercie, au nom de la Société, M. le Trésorier du dévouement avec lequel il s'occupe de nos intérêts financiers *(Applaudissements)*.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que dans cette séance doivent être proclamés les noms des lauréats des Prix décernés par la Société et s'exprime ainsi :

Mes Chers Collègues,

Nous avons à distribuer, cette année, trois Prix : le Prix Annuel, le Prix Alcan, le Prix Coignet.

Prix Annuel.

Vous savez que notre Prix Annuel, représenté par une médaille d'or. *doit être décerné à l'auteur du meilleur mémoire deposé avant le 31 décembre de chaque année.*

Vos sections ont eu à étudier un grand nombre de travaux et leurs rapports, frappés au coin de l'impartialité la plus absolue et d'une compétence que nul ne pourrait contester, ont été transmis à la Commission réglementaire formée des cinq présidents.

Les commissaires se sont trouvés en présence de deux mémoires résistant également à toute critique, et tous deux, bien que traitant des questions d'ordre tout différent, ont été jugés comme devant être placés sur la même ligne.

Ce fait n'est d'ailleurs pas sans précédent à la Société.

En métallurgie, dans un travail qu'il appelle : « Note sur le procédé au minerai ou *Ore Process*, M. A. Pourcel résume l'état actuel d'une des méthodes métallurgiques, qui a produit les plus remarquables résultats depuis quelques années.

Après avoir rappelé la genèse du four Siemens-Martin et indiqué les essais faits, de longue date, en France, pour le travail de l'acier sur sole, M. Pourcel nous livre beaucoup des secrets de l'*Ore Process*.

Mieux que personne il pouvait le faire, car il occupe un rang fort honorable parmi les Ingénieurs qui ont réussi à mettre en pratique les indications de la théorie.

Placé, dès ses débuts, dans des conditions spéciales, il s'est donné la mission de vulgariser les résultats connus ou réalisés et il l'a fait d'une façon magistrale.

Il nous a paru que la Société devait, à son tour, et, sans viser, d'ailleurs, tel ou tel procédé particulier, couronner une longue et fertile carrière d'Ingénieur, poursuivie, avec succès, en France et à l'Étranger. En récompensant l'ensemble du travail de M. Pourcel, nous avons pensé que c'est, en même temps, un hommage que nous adressons, en sa personne, à ces Ingénieurs aussi laborieux que modestes, qui, dans un silence presque toujours strictement imposé, ont largement contribué à la solution de cette intéressante et si importante question.

Cet hommage, du reste, ne vient que s'ajouter à celui que M. Pourcel leur a rendu lui-même.

Dans la section des travaux publics, M. J. de Coëne se signale par un mémoire intitulé : *Outillage des voies de communication : Ports, Rivières, Canaux, Chemins de fer.*

Le travail de M. de Coëne est la suite et le complément des études fort instructives qu'il a déjà soumises, dans la même ordre d'idées, à l'appréciation de notre Société.

L'auteur explique comment le développement, sans cesse croissant des transports, impose d'une façon chaque jour plus urgente le perfectionnement de l'outillage des ports ; exige une meilleure coordination des relations à établir, à leurs points de rencontre, entre les diverses voies de communication : fluviales, maritimes et ferrées, afin de mieux économiser le temps, dont la valeur a pris une si grande importance dans les transactions commerciales et industrielles.

Il passe en revue nos divers ports français et nous indique, par comparaison, ce qui se fait ailleurs et ce qui, à son avis, devrait se faire chez nous, pour nous placer et nous maintenir au rang que nous devons occuper.

Dans ce travail parfaitement déduit ; à côté de détails techniques, qui offrent beaucoup d'intérêt ; à côté de critiques souvent justifiées, que suggère à M. de Coëne sa dévotion aux grands intérêts du pays, on trouve une préoccupation constante, qui est bien de notre domaine et qui ressort, d'ailleurs, de toutes les études de cet Ingénieur.

Notre collègue réclame, sans cesse, la centralisation de toutes les administrations d'un port dans la même main ; il s'efforce de démontrer quel préjudice apportent aux transactions les incertitudes inhérentes au contact de plusieurs administrations indépendantes les unes des autres et assez généralement jalouses de leurs prérogatives. A un point de vue plus général, on est en droit de se demander même si les dépenses sont toujours réellement proportionnelles aux résultats obtenus.

S'il ne nous appartient pas d'analyser, en ce moment, la portée de toutes ses critiques ni d'en tirer les conséquences pratiques, ce qui nous appartient, par contre, c'est de constater l'importance des travaux de M. de Coëne.

Étudier les questions d'utilité publique, développer les forces et les richesses du pays, c'est bien là un des côtés de notre mission et la Commission a jugé que M. de Coëne devait aussi recevoir notre médaille d'or.

Nous avons la certitude, mes Chers Collègues, que nos décisions recevront votre approbation unanime et c'est en votre nom, que je proclame lauréats de la Société, *ex æquo* pour le Prix Annuel : MM. Pourcel et de Coëne. *(Applaudissements.)*

Prix François Coignet.

Nous avons à décerner, pour la première fois, le Prix triennal « François Coignet ».

Nous devons cette fondation à la famille Coignet, qui, voulant rendre

un pieux hommage de respect à la mémoire de son chef, a pensé qu'elle ne pouvait mieux l'honorer qu'en rappelant ainsi, périodiquement, son nom au souvenir des générations qui se succèdent dans cette Société, dont il fut le membre actif et dévoué depuis 1855.

Par une décision du Comité, ce prix est attribué, pour 1892, à la *Section des Travaux publics*.

Le jury, après un attentif et scrupuleux examen des divers travaux, déposés depuis trois ans, s'est prononcé en faveur du mémoire de M. L. Coiseau, sur « le Pont du Forth ».

Vous avez tous encore présent à l'esprit ce travail, si condensé, si pratique, cette véritable monographie d'une des plus gigantesques œuvres de l'Ingénieur. M. Coiseau nous a montré que, pour réaliser un simple raccourcissement de 45 *km* sur le parcours d'Edimbourg à Aberdeen, en franchissant le Forth et la Tay, les Compagnies anglaises n'ont pas reculé devant une dépense totale dépassant, et de beaucoup, plus de cent millions de francs.

Ces chiffres nous effraient un peu, ici, où il n'entre pas trop dans nos habitudes de raisonner sur de pareils moyens d'action; mais, en Angleterre, tout en travaillant fort bien, on travaille généralement plus cher qu'en France; et puis, un devis est fait, on le dépasse, par exemple, de 25 millions, les Sociétés s'exécutent gracieusement, sans préjudice pour l'Ingénieur; chez nous, ce privilège est d'habitude réservé à d'autres qu'aux Sociétés privées.

Les conditions imposées par le programme ont amené à donner aux travées principales du pont du Forth une portée de 582 *m*, d'axe en axe, alors que le fameux pont *suspendu* de Brooklin n'en a que 488.

La conception d'une pareille œuvre fait le plus grand honneur à son audacieux auteur, et M. Coiseau ne perd aucune occasion de rappeler, à chaque ligne, la valeur de tous ceux qui ont pu y collaborer à un titre quelconque.

Ce n'est pas nous qui protesterons contre cette juste appréciation du mérite de nos confrères anglais, venant surtout d'un collègue si apte à les juger.

Il y a un point sur lequel nous devons insister, sans imiter la modeste réserve de M. Coiseau: c'est celui qui concerne spécialement ses propres travaux.

Vous vous rappelez que les trois piles principales du pont reposent sur douze piliers, dont six à grande profondeur : ce sont les fondations de ces derniers qu'a exécutées M. Coiseau.

Pour la première pile, celle de Quensferry, les auteurs du projet avaient bien prévu l'emploi de l'air comprimé, mais il fallait une expérience sérieuse de ce genre de travaux; on n'avait pas encore d'exemple de caissons d'une telle surface, descendus sur un terrain incliné, au milieu d'un fleuve à courants très forts, avec des différences de marée atteignant 6 *m*. On comprend l'extrême difficulté de soutenir et de maintenir d'une façon rigide les caissons dans leur descente.

Malgré le désir bien naturel qu'avaient les Ingénieurs anglais de ne faire appel qu'au concours de leurs nationaux, ils n'hésitèrent pas à

appeler un Français et bien leur en prit, car le travail fut mené à bonne fin.

Quant à l'autre pile, celle d'Inch-Garvie, on se trouvait en eau profonde, 22 à 25 *m* sous marée haute, et la roche qui devait servir d'assise présentait un relief très accidenté, donnant une différence de niveau de 6 *m* environ d'un côté à l'autre de la pile.

Ici, on n'avait pas projeté l'emploi de l'air comprimé; on se proposait de descendre des batardeaux métalliques, rendus convenablement étanches, découpés à leur partie inférieure suivant le profil relevé de la roche et d'épuiser à l'intérieur sur cette hauteur de 22 *m*. Mais les aléas à courir n'échappèrent pas à la sagacité des Ingénieurs et ils eurent l'idée fort heureuse d'en appeler encore à l'expérience de notre collègue.

M. Coiseau exposa immédiatement son idée en praticien que rien ne surprend : il proposa de construire les deux éléments sud de la pile au moyen de caissons et d'air comprimé et s'engagea à livrer le travail, à forfait, en huit mois.

Au moyen de sable, coulé dans les parties les plus basses, il releva provisoirement le terrain; il fit un sol artificiel couvrant tout le rocher à l'emplacement du caisson; puis, il descendit ce dernier et vint l'arrêter tout à fait horizontalement sur cette surface d'appui.

Rien de plus simple, dit M. Coiseau.

L'eau étant alors expulsée par l'air comprimé, le déblai de la roche put s'exécuter; elle a été entaillée au moyen d'outils mus par l'air, l'électricité se chargeant d'allumer les explosifs.

Ce travail fut terminé en six mois, au milieu de difficultés de toute nature, techniques et autres...

En même temps qu'il rendait ainsi un immense service aux Anglais, qui déclarèrent *qu'après la réussite de ce travail, ils considéraient le pont comme à moitié terminé*, M. Coiseau faisait, en cette circonstance, grand honneur au Génie Civil Français, et le jury, en lui décernant aujourd'hui le Prix Coignet, exécute purement et simplement une décision ratifiée déjà à l'avance par l'unanimité de vos suffrages. *(Applaudissements.)*

Prix Michel Alcan.

Le Prix *Michel Alcan* est réservé au *meilleur mémoire remis par l'un des membres sociétaires ou associés, reçus au cours de la période triennale immédiatement antérieure à l'exercice où le Prix vient à échéance.*

L'examen auquel se sont livrées les sections, les rapports qu'elles ont adressés à la commission, ont amené celle-ci à décerner le prix à M. F. Chaudy, auteur de deux mémoires présentés par la section de mécanique et qui ont paru dans nos bulletins de Novembre 1890 et de Août 1891.

Dans le premier, appelé *Théorie nouvelle de la stabilité des prismes chargés de bout*, M. Chaudy rappelle que la théorie actuelle, d'une application facile aux prismes à section constante, l'est beaucoup moins quand il s'agit de prismes à section variable et il applique sa nouvelle théorie au calcul analytique des premiers et au calcul graphique des seconds, dans les conditions que rencontre le plus souvent la pratique.

Dans le second, intitulé ***Mémoire sur des méthodes nouvelles de calcul de différentes poutres***, l'auteur fait preuve d'un savoir incontestable et se révèle par des efforts tout personnels comme un esprit chercheur auquel les chemins battus ne donnent pas pleine satisfaction.

Le jury a été unanime pour lui accorder le Prix Alcan, non seulement à titre de récompense, mais aussi, en quelque sorte, à titre d'encouragement; M. Chaudy fait partie de ceux d'entre nous auxquels on peut dire encore que l'avenir est à eux; il compte parmi les jeunes et, à ce titre, nous avons le droit de lui dire, amicalement, que nous l'attendons de nouveau à l'œuvre. *(Applaudissements.)*

M. A. Mallet a la parole pour sa communication sur un ***Ascenseur à plan incliné pour transbordement de bateau*** (1).

M. le Président remercie M. A. Mallet de cette communication et dit que sur le désir manifesté par quelques-uns de nos collègues, une excursion à Meaux sera organisée ultérieurement pour nous permettre de voir fonctionner ce système intéressant.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Ernest Vlasto sur le ***Premier réseau de câbles sous-marins français*** (2).

M. Vlasto montre d'abord sur la carte le régime actuel des faisceaux de câbles sous-marins dont le point de départ est toujours l'Angleterre. Une ligne englobe l'Amérique du Sud. Un second faisceau, évitant le continent, envahit la Méditerranée, la mer Rouge, les Indes, la Chine et l'Australie.

Une troisième Société anglaise l' « Eastern C° » dessert d'un côté l'Amérique du Sud et de l'autre toute l'Asie en se ramifiant aux divers réseaux secondaires. Une autre enfin dessert le Pacifique.

M. Vlasto fait remarquer que, par suite de ces dispositions une ligne relativement courte qui partant d'Europe aboutirait aux Antilles pour rayonner de là vers l'Amérique du Nord et vers l'Amérique du Sud présenterait un tracé fort avantageux et éviterait aux câblegrammes de nombreux détours puisqu'il ne faut pas moins de huit transmissions successives pour qu'une dépêche partant par exemple de Rio-de-Janeiro arrive à New-York, en passant nécessairement par l'Europe, c'est-à-dire l'Angleterre.

C'est justement cette ligne qui fait l'objet des travaux de la Compagnie française.

M. Vlasto donne ensuite des détails sur les câbles déjà posés par la Compagnie et lui appartenant, et à ce sujet rappelle que le premier câble téléphonique sous-marin n'est pas celui de Douvres à Calais, mais bien un câble français qui, posé en 1889 entre la Guadeloupe et Marie-Galante, a, dès le premier jour, fonctionné téléphoniquement et a toujours continué à être ainsi exploité. Il ajoute que le réseau actuel des câbles français atteint à ce jour 6 952 *km*.

Parlant des grandes profondeurs (8 à 9 000 *m*) que l'on rencontrera dans le Pacifique lorsqu'on y posera le câble destiné à relier directement

(1) Voir *Bulletin* de mai 1892, pages 627 et suivantes.

(2) La communication de M. Vlasto sera insérée *in extenso* au *Bulletin* de juin.

l'Asie à l'Amérique. M. Vlasto rappelle qu'on devra fabriquer les câbles avec un acier spécial qui puisse résister suffisamment lors de la pose. Aujourd'hui quand on atteint dans l'immersion des câbles 12 *t* de traction, il faut employer du fer présentant 130 *kg* à la rupture avec 4 0/0 au moins d'allongement et malgré cela on arrive à des poids de 3 *t* par mille marin : de là des difficultés de pose considérables et, en cas de rupture des câbles, des recherches longues et pénibles.

En terminant, M. Vlasto fait circuler des échantillons de divers types de câbles ; côtier, de moyenne et de grande profondeur.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Vlasto de sa communication. La Société ne peut qu'applaudir aux efforts qui tendent à affranchir la France, pour ses relations avec les deux Amériques et l'Asie, de la tutelle étrangère.

C'est à ce point de vue national et patriotique que nous devons surtout apprécier ici la question qui vient de nous être si bien exposée par M. Vlasto dans ses grandes lignes.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

L'OUTILLAGE

DES

PORTS POUR LA MANUTENTION DES CÉRÉALES

EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER

PAR

M. Marcel DELMAS

PRÉAMBULE

Exposé de la question.

Parmi les nombreuses questions que soulève l'outillage d'un port maritime, il en est une qui a été jusqu'à présent très négligée en France : celle de la manutention et du magasinage des céréales.

En effet, tandis que, depuis une quarantaine d'années, nous avons vu certains pays faire des progrès merveilleux sous ce rapport, les principaux ports français s'en sont presque partout tenus aux procédés les plus primitifs et les plus anciens.

C'est à peine si nous voyons dans quelques ports privilégiés, comme Marseille, le Havre et Rouen, de timides tentatives dans la voie du progrès. Au contraire, en Amérique, en Angleterre, en Russie, l'outillage nécessaire à la manutention des céréales, qui n'existait pas pour ainsi dire il y a moins d'un demi-siècle, s'est créé, transformé, amélioré, et il en est résulté un état de choses nouveau, encore presque inconnu en France, si ce n'est des spécialistes, et des personnes ayant étudié ces questions à l'étranger.

Cela s'explique par plusieurs raisons.

D'abord, il est naturel que les perfectionnements dans l'outillage des manutentions de céréales aient pris naissance dans les pays qui présentent une importation ou une exportation de céréales considérables.

Il est naturel aussi que ces perfectionnements se soient produits dans des pays neufs, n'ayant pas encore d'outillage, dont l'outillage était à créer, par suite à inventer, et non pas dans de vieux pays, ayant déjà de vieilles installations que leurs propriétaires préféraient exploiter sans faire de nouvelles dépenses de premier établissement ou de rénovation.

Il est naturel aussi que ces perfectionnements aient vu le jour dans des pays où l'initiative individuelle est très développée et, par suite, où toutes les créations sont marquées au coin de l'esprit pratique le plus ingénieux.

Ces perfectionnements entraînant des installations mécaniques assez importantes, il était à prévoir aussi que la présence dans un pays d'un grand nombre d'ateliers de construction de machines, comme en Angleterre, faciliterait ce progrès.

Aussi voyons-nous naturellement les deux grands exportateurs de grains, Amérique et Russie, procéder à ces nouvelles créations, et le grand importateur, l'Angleterre, les suivre dans cette voie, favorisée par le bas prix de ses constructions mécaniques et par l'esprit inventif et pratique de ses commerçants.

Au contraire, toute une catégorie de pays se sont, depuis une quarantaine d'années, contentés des installations existantes, sans chercher à imiter les perfectionnements de leurs voisins. Ce sont :

1° Les pays dont le tempérament commercial est peu développé, comme l'Espagne, l'Italie ;

2° Les pays où l'initiative privée a peu d'influence, et où les principales questions d'outillage des ports sont entre les mains de l'État, où de grandes Compagnies plus ou moins étroitement liées à l'État par les lois et les règlements, comme la France, en première ligne, et l'Allemagne ;

3° Les pays qui, se suffisant presque à eux-mêmes, n'ont guère d'exportations ni d'importations : l'Autriche rentre un peu dans ce cas (car la grande majorité de ses exportations se faisant par chemin de fer, il n'y a pas à parler, pour ce pays, du développement de son outillage maritime spécial aux céréales).

Nous n'avions pas parlé de la Belgique, parce qu'elle ne présente guère qu'un seul port de mer intéressant à notre point de vue spécial : c'est Anvers. Mais il est vrai que ce port offre un magnifique exemple du genre, qui existe depuis longtemps, nous voulons parler de la maison hanséatique, qui provoque l'admiration même des profanes.

Nous n'avions pas parlé non plus de la Roumanie, qui est pour-

tant un grand exportateur de blé, parce que ce pays est encore nouveau, et que le commerce n'y a pris un développement important que depuis une époque assez récente. — Mais ce pays a tenu à ne pas se laisser devancer, et a fait construire, dans ses deux principaux ports de Galatz et de Braïla, des installations somptueuses, représentant environ dix millions de francs de travaux, et destinées spécialement aux manutentions perfectionnées et économiques des céréales pour l'exportation.

Ces perfectionnement dans les manutentions des céréales présentent un si grand intérêt que, à l'étranger, il ne se construit guère de grande usine, ayant à manipuler des quantités importantes de grains, sans que l'on renonce aux anciens procédés primitifs, pour adopter les procédés mécaniques et automatiques.

Nous ne citerons que pour mémoire le célèbre moulin de Hameln, province de Hanovre, appartenant à M. Meyer, et capable de manipuler cent mille kilogrammes de blé par jour.

Ces procédés mécaniques et automatiques ont été reconnus si avantageux pour les céréales, que les Américains ont même essayé de les appliquer à la manutention automatique des charbons, et nous pourrions citer une de leurs installations, encore récente, qui remue bien des milliers de tonnes, pour ainsi dire sans aucune main-d'œuvre, et par la seule force des machines, comme pour les céréales.

L'expérience ayant été concluante chez nos voisins, on peut se demander pourquoi les Ports français ne l'ont pas mise en pratique.

D'aucuns diront que cela tient à ce que la France se suffit presque à elle-même, et qu'il n'est pas besoin de doter les ports de mer d'un outillage neuf et coûteux, surtout au moment où les tendances protectionnistes du Parlement semblent devoir arrêter les importations, et leur faire une guerre acharnée.

Nous examinerons cet argument plus en détail lorsque nous parlerons de la statistique des importations, et de la production agricole. Mais nous répondrons dès maintenant que, s'il peut sembler inutile de faire des installations neuves dans de vieux ports déjà outillés (ce qui est très discutable), il n'en est pas de même des nouveaux ports, encore vierges d'outillage, et qui se trouvent, sous ce rapport, dans la même situation que l'Amérique, la Russie et la Roumanie.

Nous répondrons également que ces installations perfectionnées ne coûtent guère plus cher que les vieux systèmes, et que les économies qu'elles offrent dans la main-d'œuvre, et la conservation

des céréales, assurent non seulement la rémunération du surcroît de dépenses, mais encore un bénéfice supplémentaire.

Ce n'est, en effet, guère que dans les ports neufs que de semblables installations peuvent être créées, mais non pas pour les raisons précédemment indiquées.

Une raison principale, c'est que ces outillages perfectionnés, comportant des magasins assez importants, doivent être placés à proximité du bord des quais. Or, dans nos ports français, les quais appartiennent généralement à l'État, qui ne donne pas volontiers de concessions à une Société privée pour y construire des établissements permanents fermés, où des taxes puissent être perçues au profit des intérêts particuliers.

Ensuite, dans tous nos vieux ports, les quais sont en général utilisés, et l'établissement d'un outillage du genre de celui dont il sera question plus loin, froisserait d'anciennes habitudes et un grand nombre d'intérêts particuliers, dont l'État serait obligé de tenir compte.

Si, au contraire, il s'agit de ports dans lesquels les quais appartiennent à des particuliers, il arrive en général, si le port présente des avantages à la navigation et est suffisamment fréquenté, que le prix du terrain des quais atteint des sommes fabuleuses. — Les terrains en bordure des quais sont en général bâtis, et il serait presque impossible à une Société particulière, n'ayant pas le droit d'expropriation, de songer à utiliser des terrains de ce genre.

Une autre raison milite contre l'utilisation des vieux ports : en effet, ceux d'entre eux qui présentent des avantages suffisants à la navigation, sont en général dotés d'un outillage plus ou moins antique pour la manutention des céréales.

Cet outillage se trouve entre les mains de Sociétés puissantes, tant par leurs capitaux que par leur expérience et leurs influences. Le commerce local a de vieilles habitudes, qui l'attirent vers ce vieil outillage, et qu'il serait souvent long de déraciner, et les administrations publiques, essentiellement conservatrices en France, auront toujours de secrètes sympathies pour les procédés commerciaux qu'elles connaissent, et surveillent ainsi plus facilement, de longue date, tandis que les agents locaux manifesteront toujours, pour les innovateurs, une certaine défiance, qui se traduira par des retards, des dépenses supplémentaires, d'où peuvent résulter parfois de véritables impossibilités matérielles.

Ce n'est donc pas dans les ports anciens, que ces perfectionnements peuvent être mis en pratique.

Mais, comme d'autre part, il faut absolument un port en eaux profondes, accessible facilement aux plus grands navires de haute mer contenant des chargements de **4 000 à 5 000** *tx* de céréales, on voit que le nombre de ports admis à bénéficier de ces perfectionnements est très limité.

Il est évident qu'il faut tenir compte aussi de la position géographique de ce port, des contrées qu'il peut desservir, des tarifs de chemin de fer, du cas des années d'exportation, des facilités offertes à la navigation, etc..., tous éléments qui seront examinés plus loin à leur place.

Il faut tenir compte également de la concurrence des ports voisins, et des facilités qu'ils offrent aux importateurs, par exemple, pour les emprunts sur warrants.

L'Amérique et l'Angleterre sont allées encore plus loin, et, grâce à leur progrès industriel, réalisé en simplifiant les manutentions, ont réalisé un nouveau progrès commercial. En effet, dans le commerce des céréales, une grosse difficulté résulte de ce que, la marchandise n'étant jamais semblable à elle-même, le prix d'un lot varie suivant la qualité de l'échantillon. Il en résulte, dans les pays primitifs, une grande difficulté d'achat, puisqu'on ne peut pratiquer que l'achat sur échantillon, dont la sécurité varie avec la bonne foi du vendeur.

Or, nos voisins, frappés de ces inconvénients, ont réussi à faire adopter par le commerce la division des céréales en un certain nombre de catégories. Chaque catégorie est définie par un échantillon type, déposé à la Bourse des grains, à Londres, et qui sert d'étalon.

Il est donc inutile pour eux d'acheter sur échantillons ; il leur suffit de spécifier dans leurs marchés, à quelle catégorie doit appartenir la marchandise, qui se trouve aussi bien définie, ainsi que chez nous un timbre-poste de tel ou tel prix. En cas de contestations, leurs différends sont portés devant des experts qui sont de véritables fonctionnaires publics, donnant toutes garanties.

Il est de plus possible, avec l'outillage mécanique, d'améliorer en quelque sorte, à peu de frais, la qualité des céréales, et d'en tirer parfois un meilleur prix, qui compense et au delà les pertes de poids.

La démonstration des avantages que présentent les transports en vrac, est d'ailleurs faite depuis longtemps, surtout pour les marchandises liquides, ou présentant avec les liquides une certaine

analogie, ce qui est le cas des céréales, qui peuvent *couler* comme de l'eau dans un tuyau.

Nous commençons, en effet, en France, à nous habituer à voir circuler des wagons citernes transportant des alcools, de l'acide sulfurique, des pétroles ; bientôt, nous verrons le même procédé employé peut-être pour les vins.

Or, c'est surtout pour les transports par mer que les transports en vrac des céréales sont avantageux, car aucune forme ou installation spéciale n'est nécessaire dans le navire, et les opérations de chargement et de déchargement sont infiniment plus rapides, ce qui peut présenter un intérêt chiffré en milliers de francs pour chaque cargaison.

Nous donnons ci-dessous un extrait d'un ouvrage allemand (Luther, Braunschweig), qui donne une idée de la simplicité que les Américains ont su donner à leurs opérations de manutention des céréales :

« Le premier emmagasinement du grain se fait immédiatement » après son battage, à la station la plus rapprochée du lieu de » production. Là se trouve un grenier à silos, construit de la façon » la plus simple mais des plus pratiques, sans mur extérieur, les » côtés extérieurs des compartiments revêtus tout au plus d'ar- » doises. Déversé dans une fosse, le grain en est extrait au moyen » d'un élévateur à godets, puis pesé et enfin amené à un des com- » partiments. Lorsqu'il s'agit de vider un de ces compartiments, » l'élévateur soulève de nouveau le grain qui, après repesage, est » écoulé directement, par un tuyau, soit dans un bateau, soit dans » un wagon de chemin de fer. Aux petites stations, deux hommes » et un cheval, celui-ci faisant mouvoir un baritel, suffisent au » fonctionnement de cette installation. Aux stations de plus d'im- » portance une machine à vapeur remplace le cheval, mais les » desservants sont toujours extrêmement peu nombreux, leurs » occupations étant limitées à mettre l'appareil en mouvement et » à prendre note du pesage. On n'a recours à aucun travail ma- » nuel, et cependant toutes les manipulations s'accomplissent » beaucoup plus vite que pour le transport en sacs.

» Ni le wagon de chemin de fer, ni le bateau n'exigent des ins- » tallations spéciales pour le transport du grain en vrac. Ils peuvent » immédiatement être employés à d'autres usages. Le wagon est » un wagon fermé dont la porte est à coulisse. A l'intérieur l'ou- » verture de la porte est clôturée, jusqu'à hauteur du grain, par » des planches horizontales. De cette façon le grain parvient, soit

» par voie de terre, soit par eau, aux grands marchés de l'intérieur,
» dont les principaux sont situés sur les grands lacs intérieurs.
» Ici, le même système d'emmagasinage est appliqué, mais dans
» des dimensions toutes autres.

» Les greniers y ont une contenance, en général, de 6 à 800 000
» boisseaux (21 600 à 28 800 m^3, environ 16 à 22 millions de kilogs).

» Dans les endroits où le grain est reçu par bateaux, des éléva-
» teurs flottants mobiles accostent ceux-ci et, plongeant dans l'in-
» térieur, en transfèrent le contenu dans le magasin, où des
» élévateurs le déversent dans les compartiments. Ces bateaux-
» élévateurs produisent un travail étonnant ; en huit heures ces
» dragueurs d'un nouveau genre déchargent un vapeur de 1.200 *t*,
» travail qui dans des circonstances ordinaires n'est exécuté qu'en
» cinq à huit jours. Le grain arrivant par chemin de fer est reçu
» directement dans le grenier. Les wagons sont pesés à leur arrivée
» sur un pont à bascule, et six à huit sont déchargés en même
» temps à l'intérieur. Le déchargement d'un wagon et son échange
» contre un autre chargé n'exigent pas tout à fait huit minutes.

» Par ce système, il est donc possible de réduire à un minimum
» les jours de planche ou la starie des bateaux et wagons, et d'ex-
» ploiter ceux-ci d'une façon beaucoup plus intense. Lorsque le
» grain est destiné à l'exportation, il est dirigé sur les ports de
» l'Est ou du Sud, pour y être de nouveau emmagasiné de la même
» façon ou être chargé directement des bateaux ou allèges dans les
» navires ou vapeurs transatlantiques. Ceux-ci reçoivent également
» des greniers leur chargement d'une façon automatique, souvent
» par toutes les écoutilles à la fois. Les grands vapeurs de la *Red*
» *Star Line*, d'Anvers, sont, par exemple, chargés par l'élévateur
» du Cap Gérard, près de Philadelphie, en trois heures et demie,
» le grain étant également exactement pesé.

» D'autre part, les frais de magasinage dans ces greniers revien-
» nent beaucoup meilleur marché que dans des greniers à plan-
» chers, ce qui s'explique facilement par utilisation beaucoup plus
» complète du cubage.

» Ce système d'emmagasinage a eu une influence des plus sensi-
» bles sur tout le commerce de grains de l'Amérique. Un grenier à
» silos américain n'est rien d'autre qu'une banque de virement
» pour ces affaires. Autant un négociant livre-t-il aujourd'hui de
» froment à un élévateur, de Chicago, autant peut-il en retirer
» demain, de la même qualité, d'un élévateur à New-York. Un
» warrant lui assure quantité et qualité de la marchandise délivrée,

» et peut lui servir de garantie auprès de tout établissement de » banque, sans qu'un examen préalable de la valeur de la marchandise soit requis. Il n'est pas nécessaire, je le suppose, de » faire ressortir les facilités que des usages semblables assurent » au commerce, combien ils facilitent les affaires, et combien de » frais ils épargnent. »

Nous ne pouvons d'ailleurs que renvoyer ceux que la question intéresserait à l'ouvrage précité, publié à Braunschweig, chez Joh. Heinrich Meyer en 1887.

Il existe également, sur la même question, un travail de M. Pontzen, paru en novembre 1891 dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, et décrivant les installations nouvelles de la Russie méridionale, en vue des manutentions de céréales.

Nous donnons ci-dessous copie des conclusions de ce travail.

Extrait d'un Rapport sur les conditions dans lesquelles s'effectuent les transports des céréales dans la Russie méridionale.

Par M. Ernest Pontzen

. . . . . .

Conclusion. — Les transports de céréales dans la Russie méridionale se font exclusivement par chemins de fer.

« Pour améliorer les conditions de ces transports, en particulier » pour prévenir l'encombrement au moment des récoltes, époque » à laquelle le matériel de transport ne suffit jamais pour répondre » à toutes les demandes, la création de magasins dans les stations » voisines des centres de production se poursuit.

» Ces magasins font office de régulateurs de l'écoulement des » céréales vers les ports.

» L'établissement de silos avec aménagements mécaniques, au » lieu des magasins ordinaires, rend de bons services.

» Mieux que les magasins ordinaires, les silos permettent, de » faire, sur les céréales qui y sont déposées, des avances de fonds. » — Ces avances mettent les agriculteurs à même d'être moins » exigeants pour la rapidité de l'expédition de leur récolte.

» Les silos établis à proximité des ports présentent, sur ceux de » l'intérieur du pays, des avantages au point de vue de la vente.

» Les agences commerciales, organisées par les chemins de fer » dans les ports, sont d'une utilité incontestable pour les producteurs, et particulièrement pour les petits agriculteurs.

» Quant aux transports proprement dits, l'augmentation de la

» capacité des wagons affectés au transport des blés contribue à
» rendre le matériel dont on dispose apte à suffire à un trafic
» plus considérable, et permet d'ajourner ou de réduire les dé-
» penses pour augmentation de matériel roulant.

» Les transports en vrac facilitent les opérations de chargement
» et de déchargement, surtout là où des installations ont été
» faites en vue de ce genre de transport.

» Les tarifs très bas imposés par le gouvernement aux chemins
» de fer russes et, en particulier, les avantages accordés aux trans-
» ports à longs parcours permettent aux céréales d'arriver des
» points très éloignés aux ports d'exportation, sans être grevées
» de frais de transport considérablement plus élevés que les cé-
» réales des provenances moins éloignées et ayant à supporter des
» tarifs plus élevés.

» Quand même la réduction du bénéfice par unité de transport
» ne serait pas compensée par l'augmentation du trafic, il paraît
» hors de doute que le supplément de charges qui pourrait résulter
» pour le Trésor du fait des garanties d'intérêt accordées aux che-
» mins de fer, trouverait une compensation dans les revenus indi-
» rects que lui assurera le développement de l'agriculture dans
» les contrées qui se trouvent trop éloignées des marchés, pour
» avoir pu, sous le régime des tarifs antérieurs, y chercher le
» débouché de leurs produits. »

. . . . . .

Bien que le travail de M. Pontzen vise plus les transports par chemins de fer que les greniers à silos proprement dits, nous avons tenu à produire ici ses conclusions en faveur de ce type de magasinage et des transports en vrac.

État actuel de l'outillage pour céréales dans les principaux ports français.

Il n'y a guère que nos grands ports qui soient munis des installations nécessaires pour un commerce fréquent de céréales. — Dans la plupart des autres ports, on se contente de mettre le grain en sacs dans le magasin, et si l'on ne peut, l'on magasine le grain en vrac sur des planchers, dans des magasins quelconques. — Il en résulte beaucoup de main-d'œuvre, pour le roulage et le pelletage. — De plus, le grain, ainsi mis sur des planchers, ou sous des bâches, s'échauffe, s'avarie, et s'il doit rester un certain temps dans les ports de mer avant d'être expé-

dié vers l intérieur, il faut le faire aérer environ tous les quinze jours, ce qui ne peut se faire d'une manière suffisamment satisfaisante, qu'en le faisant pelleter à bras d'homme plusieurs fois, avec soin. D'où une main-d'œuvre importante. C'est là l'enfance de l'art.

Dans nos grands ports, où le mouvement des céréales est plus continu, l'on a depuis longtemps construit de grands bâtiments destinés à abriter les céréales contre les intempéries. Ces bâtiments sont toujours à plusieurs étages, par suite de la nécessité de loger la plus grande quantité possible de céréales par chaque mètre carré de terrain, ce terrain coûtant en général très cher.

Pour élever le blé à ces nombreux étages, l'on se contentait de monte-sacs, manœuvrés généralement à bras d'homme. Sur chaque étage, le blé était transporté horizontalement en sacs dans des brouettes, ou encore pelleté, ce qui représente toujours beaucoup de main-d'œuvre.

Un petit nombre de ces grands magasins ont reconnu la nécessité de substituer à la main-d'œuvre le travail mécanique, surtout lors de l'apparition des transports en vrac ; aussi voyons-nous çà et là quelques installations munies d'élévateurs à godets, ou de monte-sacs actionnés par une force motrice centrale.

Les installations de Marseille sont allées plus loin, et ont adopté pour les transports dans le sens horizontal la bande de toile sans fin (1).

On nous dit qu'une installation de ce genre était en projet au Havre, mais qu'on y a momentanément renoncé (2).—Un projet du même genre aurait été formé pour Dunkerque.

Comme on le voit, on tâtonne, on hésite, à marcher de l'avant dans la voie du progrès, et de timides efforts sont tentés pour imiter l'exemple, déjà vieux de quarante ans, de l'Amérique et de l'Angleterre (3).

(1) Il y a à Marseille huit élévateurs mobiles pouvant être placés dans la cale du navire. — Chacun peut élever environ de 80 à 100 tonneaux de blé à l'heure.
Il y a douze transporteurs de onze mètres de long.
Il y a un ponton muni d'une grue, qui sert à placer les élévateurs sur les navires, plongeant dans la cale.
Le mo eur est placé sur le navire pour chaque opération.
Tous ces appareils appartiennent à MM. Savon frères. — C'est une entreprise privée, indépendante de la Société des Docks. Elle se charge de tous les déchargements de céréales.

(2) Le projet avait été conçu par M. Vilanova, mais jusqu'à présent, aucune suite n'y a été donnée.

(3) A Saint-Nazaire, il n'y a pas d'outillage spécial.
A Bordeaux non plus. — Un projet avait été demandé à un constructeur, mais aucune suite n'y a été donnée.
Le seul exemple intéressant que nous connaissions en France, d'une installation du type américain, se trouve à Peyrehorade, dans les Landes, sur l'Adour, et a été cons-

A Rouen, et à Bordeaux aussi, croyons-nous, l'on a tenté d'acclimater l'appareil de déchargement connu sous le nom d'élévateur flottant. Mais cette tentative d'amélioration isolée n'a guère réussi, car elle n'était pas en harmonie avec le système de construction des magasins à blé, qui sont du type ancien des magasins à planchers, à plusieurs étages, sans installation mécanique.

La situation était donc celle d'une Compagnie de chemins de fer qui emploierait, pour la traction de ses trains de marchandises, ses grandes machines rapides.

L'effet ne saurait en être satisfaisant.

Aussi n'est-il guère étonnant de voir ces essais isolés, qui auraient dû être accompagnés de la transformation radicale des magasins à blé, ne pas donner les résultats qu'on en pouvait attendre.

Nous ne citerons que pour mémoire les appareils construits dans cet ordre d'idées, à Rouen (et peut-être dans d'autres ports), dont le mode de construction laissait peut-être aussi à désirer.

Il en est de même des élévateurs par aspiration, qui n'ont pas donné de bons résultats, et n'ont servi qu'à égarer et fausser l'opinion du commerce sur l'utilité des progrès à réaliser, alors qu'il aurait suffi d'imiter nos voisins, dont les expériences sont concluantes.

En résumé, nous ne connaissons pas en France une seule installation de grenier à grains, conçue dans le système des greniers américains, dont nous donnerons une explication plus loin. A de rares exceptions près, les manutentions sont faites en France à bras d'homme, et dans les quelques cas particuliers où l'on a voulu essayer des manutentions mécaniques, on n'a procédé qu'à des installations partielles, venues longtemps après la construction des bâtiments eux-mêmes, sans plan d'ensemble, installations faites de pièces et de morceaux, n'ayant d'intérêt que pour une partie des manutentions, et sans liaison avec les autres. Il en est résulté que le principe général des manutentions des grains est resté le même, comme dans les greniers à planchers, et que les petites installations mécaniques partielles

truit par MM. Larrau et C° pour l'exploitation de leur grand moulin capable de travailler 60 tonnes de blé par jour. Cette installation comporte un élévateur d'une capacité de 8 tonnes à l'heure. Elle est construite depuis deux ans. — La principale difficulté consistait en ce fait, que le niveau de la rivière, par laquelle arrivent les bateaux de blé, est sujet à des différences de niveau de quatre mètres.

n'ont pu apporter d'amélioration partielle que sur une fraction du parcours du blé, dans ses diverses manutentions. Mais le parcours lui-même n'a pas changé, et il ne pourra changer et s'améliorer, que si l'on change radicalement le principe même du grenier, pour adopter le type américain, sans plancher, pour le magasinage en vrac.

Ceci explique pourquoi ces soi-disant améliorations dans nos ports de mer n'ont produit que des effets insignifiants, bien que cependant l'on y reconnaisse déjà une notable économie.

Et l'on conçoit que des établissements du genre de ceux qui existent dans nos grands ports de mer puissent hésiter à se transformer, car cela représenterait des frais considérables. Il faudrait, en effet, abattre tous ces planchers, si coûteux à construire, puisqu'ils devaient supporter de lourdes charges, et, pendant toute la durée de ces réparations, les céréales ne sauraient où aller se faire magasiner. De plus, ces établissements estiment que, puisque leurs affaires ont prospéré jusqu'à l'heure actuelle, il est inutile d'innover, et ils préfèrent continuer leur ancien mode d'exploitation, que d'engager de nouveaux frais de première installation et de modifier les habitudes de leur personnel, peu familiarisé avec ces nouvelles manutentions mécaniques.

Il en résulte donc que, par la force même des choses, ces perfectionnements ne peuvent pas voir le jour dans les anciens établissements.

Pour les acclimater en France, il faut de nouveaux ports de mer, de nouvelles opérations commerciales, qui entreront résolument dans cette nouvelle voie, et ce n'est qu'alors, sous le coup de cette concurrence nouvelle détournant le trafic des céréales par les facilités qu'elle lui offre, que les anciens ports de mer se décideront à imiter l'exemple de Londres, Liverpool, Hull, Bristol, Anvers, Philadelphie, Chicago, Odessa, Galatz, etc.

En Angleterre, cette transformation bat son plein, et les demandes abondent chez les constructeurs spéciaux.

Il n'en est pas de même chez nous, où les rares constructeurs spéciaux ne font que rédiger les projets qui leur sont demandés timidement, et bientôt abandonnés par les rares capitaux non absorbés par nos fonds d'État.

Principe du système américain.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail d'une description technique de ce système, et nous nous contentons de renvoyer, pour

plus amples informations, au livre spécial de Luther, ou à la description des nouveaux magasins à grains des Docks Alexandra, à Liverpool, parue dans le journal anglais *Engineering*, du 11 septembre 1891.

Quant aux personnes qui désireraient se faire une impression *de visu*, nous ne pouvons que leur recommander une visite à la maison hanséatique d'Anvers, établissement public, dont les Ingénieurs savent faire les honneurs avec la plus grande amabilité.

Nous citerons également les magasins de MM. G. Peters et fils, à Louvain.

Pour résumer d'un trait le système américain, nous dirons ceci :

Dans le vieux système des greniers à planchers, on considérait les céréales comme un corps solide.

Dans le type américain, on considère les céréales comme un véritable corps liquide, capable de couler dans des tuyaux. Dès lors, les manutentions des blés se font avec autant de facilité que la distribution d'eau dans une grande ville. Au lieu de pompes, de tuyaux, de robinets, de châteaux-d'eau, on emploie pour le blé des appareils produisant le même effet, de telle sorte que le blé est pris dans le bateau, pesé, nettoyé, logé, magasiné, aéré, trié, distribué, réparti, etc., sans que la main d'un seul ouvrier ait été directement employée, ainsi qu'il en est du mouvement de l'eau dans la canalisation d'une grande ville.

L'on conçoit qu'il y ait entre les deux systèmes une différence aussi radicale que pour la distribution des eaux, entre le système des anciens porteurs d'eau, et le système actuel des canalisations avec machines centrales élévatoires.

Mais l'analogie entre la manutention du blé et la distribution de l'eau cesse d'être vraie, lorsqu'on examine les frais de première installation nécessaires.

En effet, si d'un côté les installations du type américain entraînent une dépense un peu plus considérable comme installation mécanique, d'un autre côté, elles permettent de loger, pour de mêmes dimensions du bâtiment, une quantité beaucoup plus considérable de produits, et comme les opérations sont faites avec une beaucoup plus grande rapidité, il en résulte que, si l'on rapporte les frais de première installation à la capacité de magasinage,

on trouve que, pour chaque mètre cube utile, le type américain conduit à une dépense plutôt moindre.

L'on peut se demander alors pourquoi les intéressés n'ont pas toujours fait construire d'après le type américain. Outre les raisons dont nous avons déjà parlé, il faut ajouter que les installations du *type à planchers* permettent le magasinage de matières solides ou, pour mieux dire, de matières qui n'ont pas, comme le blé, la propriété de couler dans les tuyaux. Mais c'est là une faible objection, si l'on songe que le type américain permet de manutentionner non seulement les céréales de toute espèce, mais encore les graines oléagineuses, les riz en paille, en grains, etc., aussi bien à l'importation qu'à l'exportation.

Aliment probable d'une nouvelle installation.

Pour étudier cette question, il serait faux de se placer au point de vue étroit des différences de prix de transport, du trafic intérieur.

Il ne faut pas oublier, en effet, que les céréales rentrent dans la catégorie des marchandises chères par unité de poids, ou légères par unité de valeur.

En effet, une tonne de blé vaut près de quinze fois plus qu'une tonne de charbon.

Il en résulte que la question des prix de transport ne joue qu'un rôle très faible.

Les différences qui se produisent dans le cours des blés, soit par suite de l'influence de la spéculation, soit par suite de l'influence des saisons, permettent souvent de faire parcourir, même par voie ferrée, des distances considérables aux céréales, tout en laissant aux expéditeurs, une fois les transports payés, de jolis bénéfices par suite de la différence dans les cours.

Aussi ne peut-on raisonner pour les céréales comme l'on ferait pour la houille. La zone d'influence ou d'écoulement d'un port de mer, pour les houilles, est en général assez bien définie en moyenne. Au contraire, pour les céréales, on peut presque dire que la zone d'influence d'un port de mer est le pays tout entier.

A ce point de vue, les ports de Rouen, Dunkerque, Marseille étaient admirablement placés, surtout à cause de la navigation fluviale. Le spéculateur y magasine ses blés, pour les envoyer ensuite sur ceux des marchés intérieurs qui lui offrent les prix les plus élevés.

L'on voit donc qu'un élément très important pour le propriétaire d'un lot de céréales est de pouvoir attendre. Pour cela, il faut que son blé soit logé en sécurité à l'abri des intempéries, à bon marché, et qu'il recoive les soins nécessaires pour bien se conserver.

Ces questions sont donc capitales :

1° Magasinage facile ;
2° Magasinage plein de sécurité ;
3° Magasinage bon marché ;
4° Facilités d'aération du blé ;
5° Fréquence de cette opération ;
6° Bon marché de cette opération ;
7° Bon marché de toutes les manutentions ;
8° Possibilité de délivrer avec une grande rapidité les quantités dont la spéculation peut avoir un besoin pressant à un moment donné.

Nous n'ajouterons que pour mémoire la question du crédit, des emprunts sur marchandises, etc., qui rencontrent plutôt plus de facilités avec le type américain qu'avec les greniers à planchers, même avec les habitudes encore arriérées de notre commerce de détail.

Or il est visible que le type américain offre au propriétaire du blé tous les avantages qu'il peut désirer, à un bien plus haut degré que le vieux système des greniers à planchers. Il suffit pour s'en convaincre de reprendre une à une les conditions réclamées par le propriétaire du blé ou le spéculateur, sans qu'il soit besoin d'explications complémentaires.

Une installation du type américain est donc certaine de recevoir les faveurs de sa clientèle naturelle. Les conditions géographiques influeront peu dans la décision du propriétaire du blé, qui regardera surtout comment les conditions ci-dessus sont remplies. Mais, si, à côté de cela, on vient lui offrir une bonne situation géographique, au point de vue des tarifs de chemins de fer et au point de vue de la réception des grands navires de mer, il enverra tout son blé sur ce point.

L'on conçoit donc que, pour évaluer l'aliment probable d'une installation de ce genre, il soit inexact de considérer uniquement ce que reçoivent les installations voisines, et d'en prendre une fraction. L'aliment peut venir de beaucoup plus loin, puisque nous avons montré que les questions de transports intéressent le vendeur de blé moins que les questions de magasinage.

Il ne faudrait point, pourtant, prendre au pied de la lettre ce qui précède, car il est trop évident que des marchandises, destinées à Dunkerque, n'iront guère choisir Marseille comme port de débarquement.

Le principal élément important dans l'évaluation de l'aliment probable d'une semblable installation, c'est la quantité totale des importations annuelles en France, ainsi que des exportations, pour toutes les marchandises susceptibles d'être manutentionnées dans une installation de ce genre.

Or, l'une des principales objections est la suivante :

« La France, augmentant chaque année le rendement du blé à » l'hectare, finira, sous l'influence de la protection douanière, » par se suffire, par l'usage de plus en plus répandu des engrais. »

Cet argument semblerait menacer d'une ruine prochaine les importateurs de blés étrangers, les Sociétés qui s'occupent de magasiner ces blés dans les ports de mer, une bonne partie de la marine marchande, les courtiers, intermédiaires, etc., qui ne vivent que du mouvement produit par ces importations. Les chemins de fer même y perdraient un trafic important, si chaque région se suffisait à elle-même.

Or, tous ces intéressés sont loin d'éprouver les angoisses que l'on pourrait croire, car s'il est possible, en rédigeant sur le papier de belles statistiques, de prouver l'accroissement *moyen* de la production française indigène, il est non moins facile de montrer combien les résultats annuels s'éloignent des *moyennes* ainsi calculées. — Il suffit en effet d'une mauvaise saison, gelée, pluie, grêle, tempête, etc., pour bouleverser les résultats des calculs patients du statisticien.

La statistique nous démontre en effet que, depuis 1872, la production du blé a augmenté en moyenne, et se rapproche sensiblement des besoins du pays.

Consultons ses chiffres. — Nous voyons que :

ANNÉES	PRODUCTION EN HECTOLITRES DE FROMENT	DIFFÉRENCE AVEC L'ANNÉE PRÉCÉDENTE	
		En plus	En moins
1872	120 803 000		
1873	81 892 000	»	38 911 000
1874	133 130 000	51 238 000	»
1875	100 634 000	»	32 496 000
1876	95 439 000	»	5 195 000
1877	100 145 000	4 706 000	»
1878	95 270 000	»	4 875 000
1879	79 355 000	»	15 915 000
1880	99 471 000	20 116 000	»
1881	96 410 000	»	2 661 000
1882	121 153 000	25 343 000	»
1883	103 753 000	»	18 400 000
1884	114 230 000	10 477 000	»
1885	109 861 000	»	4 369 000
1886	107 287 000	»	1 574 000
Moyenne	104 000 000	16 800 000	
	Soit 16,1 0/0		

Nous avons donc montré par ce tableau, que, s'il est vrai que la France tende de plus en plus vers un état dans lequel elle se suffira *à elle-même* **en moyenne**, il n'en est pas moins vrai que, d'une année à l'autre, il se produit des différences considérables, dont nous avons fait la moyenne, et qui, rapportée à la consommation moyenne annuelle de la France, représente une variation moyenne annuelle de 16,1 0/0.

Ce coefficient est très intéressant ; nous l'appellerons la *marge des saisons*, afin d'indiquer l'influence qu'une mauvaise saison peut avoir sur le commerce d'importation.

Si nous avions fait le même calcul pour le méteil, le seigle, l'orge, l'avoine, le maïs, le sarrasin, nous aurions trouvé d'autres coefficients, car il ne faut pas seulement nous préoccuper du blé.

Mais s'il est d'autres chiffres intéressant cette étude, c'est assurément le tableau des importations annuelles, qui est aussi très tranquillisant.

Nous y mettons en évidence la variation des importations d'une année à l'autre, et la moyenne totale de ces variations, rapportée à l'importation moyenne, nous représente bien le chiffre moyen que nous pouvons opposer aux statisticiens.

ANNÉES	IMPORTATION QUINTAUX MÉTRIQUES DE FROMENT	DIFFÉRENCE AVEC L'ANNÉE PRÉCÉDENTE
1872	4 045 000	
1873	4 953 000	908 000
1874	7 900 000	2 947 000
1875	3 493 000	4 507 000
1876	5 281 000	1 788 000
1877	3 397 000	1 884 000
1878	13 873 000	10 476 000
1879	22 170 000	8 297 000
1880	19 999 000	2 171 000
1881	12 852 000	7 147 000
1882	12 946 000	94 000
1883	10 117 000	2 829 000
1884	10 549 000	432 000
1885	6 457 000	4 092 000
1886	7 097 000	640 000
Totaux	145 129 000	48 212 000
Moyenne	9 675 000	3 214 000
		Rapport 33,5 0/0

L'importation moyenne annuelle a donc été de 9 675 000 *q*, et la variation moyenne totale annuelle n'a été que du tiers de ces importations.

Nous donnons ci-joint le tableau des importations totales annuelles en céréales.

CÉRÉALES (Grains).

IMPORTATIONS EN FRANCE — COMMERCE SPÉCIAL

(Quantités en quintaux métriques.)

ANNÉES	FROMENT, ÉPEAUTRE ET MÉTEIL TOUS PAYS	MAÏS TOUS PAYS	ORGE TOUS PAYS	AVOINE TOUS PAYS
1872	4 045 184	223 867	307 323	455 783
1873	4 953 827	811 149	985 204	788 478
1874	7 900 873	437 556	1 172 714	1 357 464
1875	3 493 711	251 896	742 638	1 428 003
1876	5 281 459	1 270 573	864 522	2 475 791
1877	3 397 462	1 403 036	897 610	2 631 843
1878	13 873 473	2 246 888	1 436 255	3 738 448
1879	22 170 966	2 545 970	1 449 514	3 727 282
1880	19 999 437	3 484 825	1 244 246	3 629 853
1881	12 852 054	3 152 664	1 024 772	2 673 395
1882	12 946 981	1 887 148	1 473 217	3 177 573
1883	10 117 673	2 358 392	1 185 901	2 830 239
1884	10 549 219	2 389 378	1 452 642	2 932 674
1885	6 457 8 1	3 206 014	1 066 600	2 124 267
1886	7 097 486	4 799 437	671 302	1 445 552

GRAINS ET FARINES

COMMERCE SPÉCIAL

(Quantités en hectolitres) (1).

ANNÉES	IMPORTATIONS			EXPORTATIONS		
	FARINES	GRAINS	TOTAL	FARINES	GRAINS	TOTAL
1872. . . .	274 276	7 057 724	7 332 000	1 257 656	14 893 354	16 151 000
1873. . . .	305 228	10 907 772	11 213 000	1 797 595	8 035 405	9 833 000
1874. . . .	402 489	15 811 111	16 214 000	1 389 751	6 700 249	8 090 000
1875. . . .	88 751	9 004 866	9 093 617	4 075 353	8 205 066	12 280 319
1876. . . .	104 938	13 038 462	13 143 400	2 738 059	6 638 641	9 376 700
1877. . . .	135 137	14 418 989	14 554 126	3 334 501	7 049 799	10 388 300
1878. . . .	170 492	32 952 839	83 123 331	894 913	9 731 646	10 626 559
1879. . . .	257 749	43 685 203	43 932 952	470 473	2 612 808	3 083 131
1880. . . .	516 820	41 560 324	42 107 144	430 760	3 591 765	4 022 525
1881. . . .	451 688	28 253 213	28 704 901	501 505	6 295 928	6 797 433
1882. . . .	619 819	28 373 940	28 993 759	280 3 2	4 117 415	4 397 787
1883. . . .	817 848	24 178 455	24 996 303	343 220	4 559 983	4 903 203
1884. . . .	946 805	24 873 535	25 820 340	272 482	3 427 584	3 700 066
1885. . . .	567 821	18 934 848	19 502 669	204 806	2 903 758	3 108 564
1886. . . .	469 784	18 956 379	20 426 163	181 796	2 574 307	2 756 104

Nous n'avons pas fait pour toutes les céréales les calculs qui précèdent, mais nous pouvons dire approximativement que l'importation moyenne annuelle de l'*avoine* est de 2 300 000 *qtx* métriques, et que la moyenne des variations annuelles dans les importations est de 490 000 *qtx* métriques, soit une variation moyenne de 21 0/0 des importations moyennes.

Pour l'orge, ces chiffres sont les suivants :

Importation moyenne annuelle 1 000 000 *qtx*.

Variation moyenne annuelle 340 000 *qtx*.

Rapport 33 0/0.

Pour le maïs, le calcul est plus difficile à établir, car les importations ont toujours été en augmentant, et atteignaient 4 millions 700 000 *qtx* métriques en 1886. Aussi la moyenne des importations de 2 000 000 ne présente-t-elle pas grand intérêt, en présence de cette continuité dans l'*accroissement* des importations qui est de 300 000 *qtx* en moyenne par an.

Nous résumons ci-dessous la récolte moyenne des céréales en France de 1872 à 1886.

(1) La conversion du poids en mesure a été opérée sur la base du rapport de 76 *kg* par hectolitre pour le froment, de 66 pour le seigle, de 60 pour l'orge, de 72 pour le maïs, de 65 pour le sarrasin et de 51 pour l'avoine. Pour les farines, le quintal métrique a été regardé comme l'équivalent de 180 *l* de grains.

	RÉCOLTES MOYENNES EN HECTOLITRES	VARIATIONS MOYENNES ANNUELLES	RAPPORT 0/0
Froment	104 000 000	16 800 000	16,1
Méteil	6 600 000	1 250 000	19
Seigle	24 500 000	4 200 000	17
Orge	18 000 000	1 700 000	9,5
Avoine	79 000 000	6 100 000	7,8
Maïs	9 000 000	1 900 000	21
Sarrasin	9 500 000	2 200 000	23

Nous pouvons donc résumer ici dans le tableau précédent, pour chaque espèce de céréale, le coefficient que nous avons appelé *marge des saisons*. On voit que ce coefficient, variable avec chaque espèce de céréale, se tient, pour les plus importantes, entre 16 0/0 et 21 0/0, tandis que pour l'avoine, il n'est que de 8 0/0 environ.

Nous pouvons donc, à peu de chose près, dire, en faisant un seul bloc de toutes les céréales, que, en moyenne, la différence d'une récolte à l'autre est de 45 000 000 *hl*, soit 15 0/0, cette différence étant due à des causes générales insaisissables, telles que les différences des saisons.

Ces différences doivent être en partie comblées par des importations.

Or les importations moyennes, spécialement pour le blé, n'ont été que de 9 600 000 pour une production moyenne annuelle de 104 000 000, soit de 9,2 0/0, tandis que la marge des saisons est de 16,2. On peut donc dire que les importations n'ont pas encore pris l'importance qu'elles peuvent espérer, et cela tient peut-être à ce que la lenteur des transports et les variations des prix de ces transports ne permettent pas toujours à l'importateur de venir niveler par sa concurrence le marché intérieur, en temps utile.

Il est à prévoir que, plus on réalisera de progrès de ce côté, plus les importations moyennes annuelles augmenteront. Et la raison en sera uniquement dans l'influence des saisons, et non pas dans la plus ou moins grande habileté des agriculteurs.

Nous donnons ci-dessous un certain nombre de tableaux intéressants.

RÉCOLTE DES CÉRÉALES EN FRANCE

(D'après les informations du Ministère de l'Agriculture.)

ANNÉES	FROMENT	MÉTEIL	SEIGLE	ORGE	AVOINE	MAÏS	SARRASIN
	hectolitres	hectolitres	hectolitres	hectolitres	hectolitres	hectolitres	hectolitres
1872	120 803 459	8 972 075	29 868 575	20 866 140	81 127 003	11 301 202	10 629 343
1873	81 892 667	6 355 423	20 320 023	18 965 078	76 772 124	9 521 885	9 222 047
1874	133 130 163	9 891 447	28 369 818	19 675 921	68 337 410	10 778 645	12 017 703
1875	100 634 861	7 381 934	26 919 125	18 144 352	69 501 456	10 423 489	9 161 584
1876	95 439 832	7 126 429	26 486 506	18 561 214	73 754 087	7 095 481	5 904 365
1877	100 145 651	7 108 709	24 996 819	17 386 932	68 977 898	10 706 819	10 990 168
1878	95 270 698	6 199 865	24 188 485	16 421 978	77 289 789	10 538 307	11 505 733
1879	79 355 866	4 555 207	18 891 083	16 238 507	74 261 581	7 410 196	9 169 698
1880	99 471 559	6 021 305	25 318 486	19 808 417	83 790 476	9 660 181	10 448 399
1881	96 810 356	6 007 388	23 731 631	17 584 213	77 248 011	8 402 595	10 613 712
1882	122 153 524	7 262 959	29 487 099	19 392 577	89 697 900	9 678 046	10 925 296
1883	103 753 426	5 688 537	24 842 602	20 726 587	93 364 934	10 038 583	10 749 972
1884	114 230 977	5 959 208	26 255 925	19 441 587	88 078 530	9 758 582	10 578 014
1885	109 861 862	5 190 770	24 074 328	17 415 439	85 530 225	9 028 063	8 626 318
1886	107 287 082	5 169 722	22 610 273	17 893 146	89 288 731	8 909 810	10 052 856

Culture, production et prix moyens du froment en France.

(D'APRÈS LES INFORMATIONS DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE)

ANNÉES	ENSEMENCEMENTS	RÉCOLTES	PRODUIT par HECTARE	PRIX MOYEN de L'HECTOLITRE
	hectares.	hectolitres.	hectolitres.	fr. c.
1872	6.937.922	120.803.459	17 41	23 15
1873	6.825.948	81.892.667	12 00	25 62
1874	6.874.186	133.130.163	19 36	25 11
1875	6.946.981	100.634.861	14 48	19 32
1876	6.859.458	95.439.832	13 90	20 59
1877	6.976.785	100.145.651	14 35	23 44
1878	6.843.085	95.270.698	13 92	23 00
1879	6.941.675	79.355.866	11 43	21 92
1880	6.879.875	99.471.559	14 57	22 90
1881	6.959.114	96.810.356	13 91	22 28
1882	6.907.792	122.153.524	17 70	21 51
1883	6.803.821	103.753.426	15 25	19 21
1884	7.052.221	114.230.977	16 20	17 89
1885	6.956.765	109.861.862	15 79	16 41
1886	6.956.167	107.287.082	15 42	16 54

Les importateurs ont donc encore de beaux jours devant eux, puisque la marge des saisons varie jusqu'à 21 0/0 pour certaines céréales, tandis que les importations moyennes n'ont été que de 9,2 0/0 de la production indigène pour le blé dont la marge des saisons est de 16,8.

Si le régime tant rêvé du pays se suffisant à lui-même arrivait à s'établir, il y aurait donc tantôt des années d'exportation, et tantôt des années d'importation, se balançant en moyenne; mais comme le chiffre qui nous intéresse, pour l'aliment à donner à un port de mer, est aussi bien le montant des importations que celui des exportations, on voit que, rien que pour le blé, le mouvement moyen annuel devrait être de 16,8 0/0 (marge des saisons) de la consommation normale (115 millions), soit environ le double des importations moyennes annuelles actuelles.

Nous arrivons ainsi à ce résultat en apparence paradoxal, que plus la France se suffira à elle-même, plus le mouvement des grains, soit à l'exportation soit à l'importation, sera énergique dans nos ports.

Et si nous admettons, pour toutes les céréales, une importation moyenne actuelle de 45 000 000 *hl*, ce qui ne représente environ que 15 0/0 de la production indigène, on y trouve un argument consolateur, qui nous tranquillise sur l'avenir des intérêts que les statisticiens nous disaient compromis.

Quel serait le meilleur point à choisir pour y installer l'outillage du type américain ?

Nous avons déjà expliqué les raisons pour lesquelles il ne faudrait pas choisir un vieux port ayant déjà des installations existantes.

D'un autre côté, il faut évidemment un port facilement accessible aux navires de haute-mer.

Il ne faut pas choisir un port trop voisin d'un grand centre de commerce, déjà muni d'entrepôts à céréales d'où il pourrait être difficile de détourner rapidement les habitudes commerciales.

Les ports qui semblent le mieux répondre à ces conditions sont Calais et La Pallice à l'heure actuelle, et peut-être Rochefort lorsque les travaux projetés seront exécutés.

Calais présente l'inconvénient du voisinage de Dunkerque et, de plus, s'ensable facilement. On ignore encore, à l'heure présente, quel avenir peut lui être réservé au point de vue de la navigation de haute mer.

Rochefort présente actuellement l'inconvénient d'une navigation de rivière souvent difficile pour l'entrée en Charente. Le voisinage du port militaire n'est pas sans inconvénients.

Peut-être ses inconvénients disparaîtront-ils lorsque les travaux en projet pour l'amélioration et l'approfondissement du chenal de la Charente auront été exécutés. Toujours est-il que ce port présente déjà une certaine importation de céréales, malgré l'absence presque complète d'un outillage spécial, et cela tient surtout à l'éloignement des grands ports les plus voisins, Bordeaux et Saint-Nazaire, auxquels la région des Charentes, des Deux-Sèvres, du Poitou, préfère un port plus rapproché.

Choix du terrain.

Pour choisir l'emplacement sur lequel on pourra établir un grenier à grains du type américain, il faudra tenir compte des conditions suivantes :

Il faut trouver des fondations très solides, si possible établies sur le roc. En effet, les bâtiments peuvent mesurer quinze mètres de hauteur, et peuvent être entièrement remplis de blé, ce qui peut représenter, par mètre carré, une pression de dix à quinze mille kilogrammes.

Il faut que le bâtiment soit élevé à proximité des quais, afin que le grain, qui doit être amené automatiquement au pied des murs

par des transporteurs-bandes circulant soit dans des tunnels sous les quais, soit par-dessus les quais, n'aient pas une longueur exagérée. Au delà d'une certaine longueur, en effet, il faudrait employer des relais, et les transmissions de mouvement présentent de grandes difficultés. La dépense croît énormément, car il faut aussi des tunnels plus larges, et des transporteurs-bandes plus puissants.

Nous estimons qu'il ne faut pas, pour une bonne conception, s'éloigner à plus de 50 *m* du bord des quais. Un certain éloignement, compris dans cette limite, présente d'ailleurs des avantages, car il dégage les abords du navire, y permet un mouvement facile des grues, des wagons, des chevaux et manœuvres. De plus, cet espace large d'une cinquantaine de mètres peut être utilisé par d'autres genres de commerce, pour l'établissement de hangars, boulevards, etc., qui ne gênent en rien le transport souterrain ou aérien du blé. L'on peut donc espérer, en prenant cette précaution, de laisser un espace libre de 40 à 50 *m*, donner satisfaction aux intérêts privés, qui n'aiment pas voir de grandes Compagnies accaparer des longueurs de quai importantes.

Cette considération a son importance surtout en France, où la plupart des terrains de quai sont entre les mains de l'État, qui n'en donne pas facilement des concessions durables, surtout lorsqu'elles sont de nature à restreindre les facultés du commerce général au profit d'une branche particulière de commerce.

Il sera bon, dans une demande de concession, de prévoir l'agrandissement possible de l'établissement. Comme il est d'usage de ne pas mettre les moteurs et générateurs dans le bâtiment principal, pour diminuer les chances d'incendie, mais dans un petit bâtiment annexe, une bonne disposition consiste à prévoir l'emplacement de deux grands bâtiments, séparés par un espace d'une trentaine de mètres, au centre duquel l'on place le bâtiment des moteurs, de manière à réserver entre celui-ci et les deux bâtiments principaux, deux rues, de huit à dix mètres de large, destinées à faciliter les allées et venues du commerce général. L'on peut ainsi facilement ne construire qu'une moitié du plan projeté.

Il faut aussi s'assurer d'un grand nombre de voies de quai pour la circulation des wagons. Il faut des garages faciles, permettant un triage rapide des wagons pleins, et un arrivage ininterrompu de wagons vides, ainsi que l'écoulement des wagons pleins. Il est très important en effet, pour le bon usage d'un grenier à silos, que ses

abords ne soient jamais encombrés, et qu'on puisse amener continuellement au remplissage les wagons nécessaires.

Enfin, lorsqu'il est possible de s'installer dans un angle saillant d'un bassin, permettant d'avoir deux faces de quai disponibles, l'on y trouve le grand avantage de pouvoir assurer facilement les manutentions de deux navires à la fois, opération qui est difficile avec un quai en ligne droite, car un navire y occupe une étendue plus grande que la façade du bâtiment, et les tunnels sont établis en général normalement au quai.

Si l'on a eu soin de laisser en bordure du quai un espace libre d'une cinquantaine de mètres, les autres commerçants ne pourraient pas se plaindre d'un accaparement de deux quais, puisqu'ils seraient à leur disposition en l'absence de navires de céréales.

Questions administratives.

Nous venons de voir que l'on sera généralement conduit à demander à l'État la concession d'un terrain de quai. Or, nul n'ignore que l'État n'accorde que très difficilement ces concessions, et encore n'est-ce qu'à titre essentiellement précaire et révocable.

La doctrine semble même admise de n'accorder des concessions sur les terrains en première zone des quais, qu'à des opérations d'utilité publique, telles que l'outillage des Chambres de commerce.

Comment donc pourrait-il être possible d'obtenir une semblable concession pour l'opération qui nous occupe ?

Il faut, en effet, tourner la difficulté.

Dans un port nouveau, comme ceux dont nous avons parlé, il n'existe pas, en général, d'entrepôt *réel spécial* des douanes pour les céréales. Il peut exister déjà un entrepôt *réel*, mais qui n'est pas destiné *spécialement* aux céréales. Or, il est de principe, à l'administration des douanes, de ne pas créer deux entrepôts réels dans un même port, à moins que ces entrepôts ne soient affectés *spécialement* à deux catégories de marchandises distinctes.

Rien n'empêche donc, dans cette hypothèse, de créer un entrepôt réel spécial de céréales.

Or, la loi du 27 février 1832, qui règle la question des entrepôts de douane, dit ceci :

« ART. 1er. — Il pourra être établi, par ordonnance du Roi, des » entrepôts réels de douane dans toutes les villes qui le deman-

» deront et qui rempliront les conditions déterminées par le » titre II de la présente loi.

» ART. 10. — Ces villes jouiront des droits de magasinage dans » l'entrepôt, conformément aux tarifs qui seront concertés avec » les Chambres de commerce et approuvés par le gouvernement. » Elles pourraient faire concession temporaire de ces droits avec » concurrence et publicité, à des adjudicataires qui se chargeraient » de la dépense du local, de la construction et de l'entretien des » bâtiments, ainsi que de toutes les autres charges de l'entrepôt.

» Le commerce, représenté par la Chambre de commerce du » lieu, pourra, sur le refus du Conseil municipal, se charger de » remplir les mêmes obligations, au moyen d'une association d'ac- » tionnaires qui sera constituée en Société anonyme. »

On voit donc que la loi a prévu, dans ce cas spécial, la possibilité de l'intervention d'une Société anonyme pour une opération qui, faite par la ville ou par la Chambre de commerce, serait d'utilité publique.

Ce sont bien là les caractères exigés par l'État pour donner la concession de ses terrains de quai. Il y aurait donc deux cas :

1° *Rétrocession* par la ville à un concessionnaire, avec concurrence et publicité. Nécessité, pour le concessionnaire, de faire homologuer ses tarifs par l'État qui se réservera, évidemment, la faculté de les reviser à volonté.

2° *Création* d'une Société anonyme. Ce dernier cas ne présente pas les inconvénients du premier ; la loi a semblé plus large, et les concessions pourraient être obtenues dans de meilleures conditions.

Mais on sait que, pour les opérations sur les grains, il est indispensable au commerçant de pouvoir emprunter sur la marchandise qu'il a mise en entrepôt. Ceci n'est possible que s'il l'a confiée à un magasin général. Il faut donc prévoir la possibilité de transformer cet entrepôt spécial en un magasin général.

Les textes qui régissent la matière sont :

1° Décret du 12 mars 1859 ;

2° Loi du 28 mai 1858 ;

3° Loi du 31 août 1870.

Or, l'administration des douanes admet parfaitement qu'un entrepôt réel spécial puisse être en même temps exploité par une Société de magasins généraux prêtant sur marchandises.

Il sera sans doute objecté que l'obtention d'un entrepôt réel coûtera plus cher que celle d'un entrepôt fictif dont se conten-

tent généralement les installations actuelles. La raison en est que le salaire du personnel de la douane, immobilisé par ce service, est dans le premier cas à la charge de l'entrepôt. Mais il est à espérer que l'on en trouverait la contre-partie dans le prix de location du terrain que l'État donnerait sans doute, pour ainsi dire, gratuitement (ou moyennant un franc par an), à une entreprise d'utilité publique destinée à améliorer un port en y créant un outillage.

Tarifs à appliquer.

Il faudrait, avant tout, que l'on pût faire toutes les opérations mieux que les autres ports, et à meilleur marché.

Au point de vue de la qualité des manutentions et du magasinage, l'expérience est déjà faite depuis longtemps en Amérique.

Il n'y a donc que la question de prix à étudier.

Voyons ce que font les autres ports.

Les tarifs sont établis d'une manière très variable. Ici, c'est à raison de tant par jour, avec une base décroissante suivant le nombre de jours de magasinage. Dans la majorité des cas, le magasinage est compté à raison de tant par mois.

Nous rapporterons tout en francs aux cent kilogrammes, par mois.

A *Anvers*, le prix du magasinage est de 0,06 *f*, mais sans aucune responsabilité.

A *Rotterdam* (magasins à planchers), le magasinage est de 0,065 *f*.

A *Brême*, ce magasinage est de 0,05 *f*.

A *Londres*, il n'y a pas de prix fixe, l'on traite de gré à gré.

A *Liverpool*, il en est de même; toutefois, l'on considère que le prix généralement appliqué est de 0,09 *f*.

A *Rochefort* (magasins simples), le prix du magasinage est de 0,05 *f* par mois (mais, comme il n'y a pas de magasin général, on ne peut pas emprunter sur marchandises).

Saint-Nazaire. Le prix comprendrait à la fois l'intérêt, l'assurance et l'arrimage, et serait de 0,12 1/2 *f*.

La Rochelle. Le tarif actuel d'une Société qui exploite les magasins généraux est de 0,10 *f*.

A *Rouen*, le prix du magasinage est de 0,05 *f* au rez-de-chaussée et de 0,07 *f* aux étages, assurance en plus, à raison de 0,25 *f* par mille francs de valeur déclarée.

A *Bordeaux*, le prix du magasinage est de 0,0625 *f*, assurance comprise.

Nous pouvons, d'ailleurs, résumer dans le tableau suivant quelques-uns des documents de nature à éclairer le sujet.

Il est difficile de confronter des chiffres qui ne correspondent pas toujours aux mêmes circonstances locales.

Ainsi, il est d'usage, dans les ports du Nord, de la Hollande, de l'Allemagne, de laisser faire la plus grande partie des manutentions par les particuliers eux-mêmes. A Anvers, aucune main-d'œuvre n'est fournie par la Société exploitante (c'est la ville). Elle ne donne que la force motrice, et chaque particulier doit assurer le nombre d'hommes nécessaires pour le service. Il en est de même à Brême.

A Liverpool, par suite de dispositions locales, il faut toujours payer pour les réexpéditions un camionnage très élevé qui est de 0,155 *f.*

NOMS DES VILLES	Pesage	Mise en Magasin	Sortie du Magasin	Aérage	Magasinage par mois	OBSERVATIONS
	centimes	centimes	centimes	centimes	centimes	
Anvers	»	6	3	1	6	Non compris main-d'œuvre.
Brême.	7	15	15	»	5	Non compris main-d'œuvre.
Liverpool	2	40	»	2,5	9	Camionnage de 15 1/2 en plus.
La Rochelle. . .	8	20	20	6	10	
Rochefort. . . .	15	7 ½	?	?	5	
Rotterdam. . . .	?	?	?	?	6 ½	Non compris main d'œuvre.
Saint-Nazaire . .	?	?	?	?	12 ½	Y compris arrimage.
Bordeaux	7	15	10	?	0,0625	Assurance comprise.
Dieppe	?	?	?	?	29,1	0,08 *f* par tonne de magasinage les 3 premiers jours ; 0,09 *f* les 3 jours suivants, et 0,10 *f* par jour ensuite.
Rouen.	4	17	8	4	7	Assurance non comprise, à raison de 0,25 *f* par mille.
Bases adoptées. .	5	15	10	2 ½	5	

On voit que ces prix varient énormément d'un point à un autre, et n'ont entre eux aucune relation.

Afin d'avoir une base d'évaluation, il faut surtout considérer les chiffres des ports dans lesquels la manutention est faite par le magasinier, puisque dans le système dont il est question ici, le propriétaire de la marchandise n'aurait à s'occuper de rien.

En consultant le tableau, on voit que, pour le magasinage, le chiffre le moins élevé est de 0,05 *f;* c'est celui que nous prendrons pour base de nos magasinages.

Quant aux doubles manutentions de mise en magasin et sortie du magasin, elles sont comptées au total à 0,40 *f* dans les ports

qui fournissent la main-d'œuvre, sauf à Bordeaux et Rouen qui font ces opérations pour 0,25 *f*, à 0,30 *f*, et à Brême qui ne fournit pas cette main-d'œuvre. — Nous voyons tomber ces prix à 0,09 *f* à Anvers, grâce aux opérations automatiques et mécaniques. Nous prendrons comme base 0,25 *f* (main-d'œuvre fournie), ce qui correspondrait à un chiffre inférieur à celui de Brême (qui ne fournit pas la main-d'œuvre), et à un chiffre égal à celui de Rouen et Bordeaux.

Quant au pesage, nous prendrons comme base 0,05 *f*, chiffre inférieur à tous les autres, excepté Liverpool (0,02 *f*) et Rouen (0,04 *f*).

Enfin, pour l'aérage, nous prendrons le chiffre de Liverpool, 0,025 *f*.

Comparons maintenant la dépense qui pourrait résulter, pour un particulier, de l'envoi de son blé pendant un mois dans l'un quelconque des ports ci-dessus détaillés (avec un aérage par mois).

Nous supposerons, pour établir des prix de comparaison, que les prix dont le détail nous manque sont les mêmes que dans des ports voisins ou analogues.

Ainsi :

A Brême, nous supposerons que l'aérage coûte le même prix qu'à Liverpool.

A Liverpool, le chiffre de la mise en magasin comprend aussi le prix de la sortie. Nous supposerons qu'à Rochefort, la sortie de magasin coûte le même prix que l'entrée en magasin, et que l'aérage y revient au même prix qu'à La Rochelle. — Pour Bordeaux, nous supposerons que l'aérage coûte le même prix qu'à Rouen (0,04 *f*).

Nous arrivons ainsi aux totaux suivants :

1° *Main-d'œuvre non comprise :*

	Centimes.
Brême	44,5
Anvers	16,0
Rotterdam. (On ne connaît que le prix du magasinage.)	

2° *Main-d'œuvre comprise :*

Liverpool	53,5
Bordeaux	42,25
Rouen	40,0
La Rochelle	64,0
Rochefort (pas de magasin général)	41,0
Bases proposées	37,5

On voit que les bases proposées sont à meilleur marché que les autres ports et notamment que le port de Rochefort, qui n'offre actuellement que des magasins très insuffisants, où le blé est facilement avarié, ne peut être aéré, et où l'on ne peut emprunter sur warrants.

Il est donc probable que ce tarif donnerait toute satisfaction aux commerçants en leur donnant, avec le bon marché, l'entière sécurité et toutes les facilités désirables.

En quoi consiste le système américain.

Tout le monde connaît un grenier à planchers, type adopté pour tous nos entrepôts. — Le bâtiment, généralement très massif, présente souvent une forme carrée. Il a généralement une grande hauteur, pour mieux utiliser le terrain, qui coûte en général très cher aux environs des quais.

Il comprend un grand nombre d'étages bas de plafond. — Les planchers en sont très robustes, calculés pour soutenir des poids variant, suivant les étages, de 800 à 1 300 *kg* par mètre carré.

De puissantes colonnes de fonte soutiennent chaque étage, car toutes ces charges, cumulées de haut en bas, d'un étage au suivant peuvent arriver à représenter des chiffres énormes. — Il est impossible, dans ces magasins, de mettre le blé en couches de plus de 1,20 *m* d'épaisseur, tant à cause de la charge qu'à cause des difficultés d'aérage du blé; il faut en effet, pour éviter qu'il ne s'échauffe, le mettre en contact intime avec l'air, ce qui ne s'obtient que par un pelletage à main d'homme. — Ce pelletage deviendrait impraticable et inefface avec des couches de plus de 1 *m* à 1,20 *m* d'épaisseur.

Au contraire, dans le type américain, on n'hésite pas à mettre le blé en couches qui peuvent atteindre 15 *m*, parce que l'on a le moyen d'aérer ce blé avec une bien plus grande efficacité que par le pelletage. — On supprime donc complètement tous les planchers, et l'on divise le bâtiment en un certain nombre de cases ou de boîtes, ayant chacune, en général, une centaine de mètres cubes de capacité.

Le blé est amené à la partie supérieure du bâtiment par des élévateurs. — Et de là, par la seule action de la pesanteur, on dirige le blé par des tuyaux ou des plans inclinés, vers toutes les parties de l'édifice. — L'on peut donc ainsi remplir chaque case ou boîte (appelée silo), sans aucune main-d'œuvre, puisqu'il suffit

d'ouvrir une vanne pour que le blé, monté automatiquement par l'élévateur, vienne couler dans le silo.

Si l'on a à faire subir au blé des transports dans le sens horizontal, l'on emploie des bandes de toiles garnies de caoutchouc, qui roulent sur des cylindres tendeurs, comme une toile sans fin. — Le mouvement de rotation est donné par une transmission. — Quelquefois aussi, et pour de courts trajets, on emploie la vis d'Archimède.

Une fois le blé dans les silos, il peut y rester une quinzaine de jours intact ; mais au bout de ce temps, il est bon de l'aérer. — Pour cela, il suffit d'ouvrir une vanne, à la partie inférieure du silo, et le blé vient couler sur une toile sans fin, qui l'entraine dans son mouvement jusqu'au pied d'un élévateur, qui le reconduit dans la partie supérieure de l'édifice. — Au moyen d'un certain nombre de toiles sans fin et d'élévateurs, on peut ainsi faire suivre au blé un trajet quelconque dans l'édifice, et faire durer l'aérage aussi longtemps qu'on voudra, sans autre dépense qu'une faible consommation de force motrice. L'aérage du blé est parfait, chaque grain de blé vient au contact prolongé de l'air, et y est énergiquement remué au cours de ces nombreux transports horizontaux et verticaux.

Mais il y a encore d'autres avantages dans ce système. L'on conçoit que le volume total de l'édifice soit bien mieux utilisé, puisque l'épaisseur des couches de blé n'a pas de limite. De plus, par la suppression des robustes planchers de l'ancien système, on réalise une économie qui peut permettre de payer l'outillage mécanique.

Le déchargement du bateau peut être fait aussi automatiquement, au moyen d'élévateurs qui viennent puiser dans la cale. Dans ce cas, le blé est vidé automatiquement par l'élévateur, sur une toile sans fin qui passe généralement dans un tunnel sous le quai, pour arriver sous le grenier, au pied de ces élévateurs verticaux fixes, qui enlèvent et répartissent le blé automatiquement dans les silos.

On a inventé de longue date des balances automatiques, et des appareils pour mettre en sac (ensacheurs automatiques), de telle sorte que le blé sort du bateau pour entrer dans le silo, en sort au bout d'une quinzaine pour prendre l'air, et sera de nouveau remis sur wagon et expédié, sans que la main de l'homme soit intervenue autrement que pour ouvrir des vannes et distribuer la force motrice.

On voit que nous ne pouvions mieux comparer ces manutentions du blé qu'à celles d'un liquide qui coule dans des tuyaux quand on lui ouvre des robinets, qui est magasiné dans de grands réservoirs, et auquel des pompes à vapeur donneraient son mouvement, sans aucune main-d'œuvre.

On conçoit facilement que ce système perfectionné puisse produire une notable économie, et aussi diminuer les pertes qui survenaient souvent autrefois par suite de l'échauffement du blé mal conservé.

Raison d'être des greniers à planchers.

Autrefois, comme il y avait dans chaque port un petit nombre de magasins susceptibles de recevoir les marchandises de tout le commerce, on tenait beaucoup à pouvoir loger dans le même magasin, alternativement, du blé et d'autres marchandises. Dans ces conditions, le système des planchers s'imposait.

Il n'en est plus guère de même aujourd'hui, où l'on peut facilement se contenter, pour un grenier, de la clientèle presque exclusive de certaines marchandises, par suite de l'importance considérable qu'ont prise les transports de ces marchandises, concentrés dans un petit nombre de ports de mer.

Mais on peut évaluer le sacrifice que l'on faisait en construisant un grenier à planchers, plutôt qu'un grenier à silos.

Si l'on admet un espace de 3 *m* de hauteur du plancher au plafond de chaque étage, une épaisseur de la couche de blé de 1,20 *m*, et en déduisant 25 0/0 pour les passages entre les couches et les talus de celles-ci, on trouve, en admettant une hauteur, de six étages, que, pour chaque mètre carré de terrain, on peut loger 5,300 m^3 de blé ; tandis qu'avec un magasin à silos, ayant ainsi 18 *m* de hauteur, on peut loger théoriquement le volume total, 18 m^3, et en laissant un peu d'espace pour les élévateurs, escaliers, etc..., on peut admettre 16 m^3.

L'on voit donc que, pour une même surface horizontale occupée, le système des magasins à silos permet de loger trois fois plus de grain que le système des magasins à planchers.

Or, sans parler du prix du terrain, il faut évidemment tenir compte de l'impôt foncier, des frais de fondation (proportionnels à la surface), etc..., et l'on voit que l'avantage au profit du grenier à silos est énorme, sans parler des économies à réaliser dans la construction par la suppression des planchers.

Organisation du déchargement d'un navire d'après le système américain.

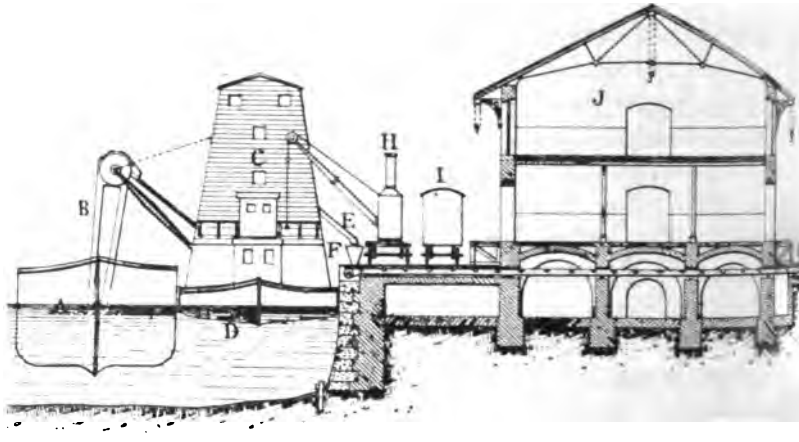
Nous avons voulu représenter schématiquement l'opération.

A représente la cale du navire de haute mer.

B représente le bras d'un élévateur (chaîne à godets, plongeant dans la cale du navire).

C est un élévateur flottant, porté sur un ponton D. Cet élévateur flottant sert à déverser le blé régulièrement sur la trémie E qui le répartit sur la toile sans fin FG.

Celle-ci passe dans un tunnel sous les voies de quai, qui peuvent être occupées, malgré cela, par d'autres branches de commerce, des grues H, des wagons I, des hangars J, etc...



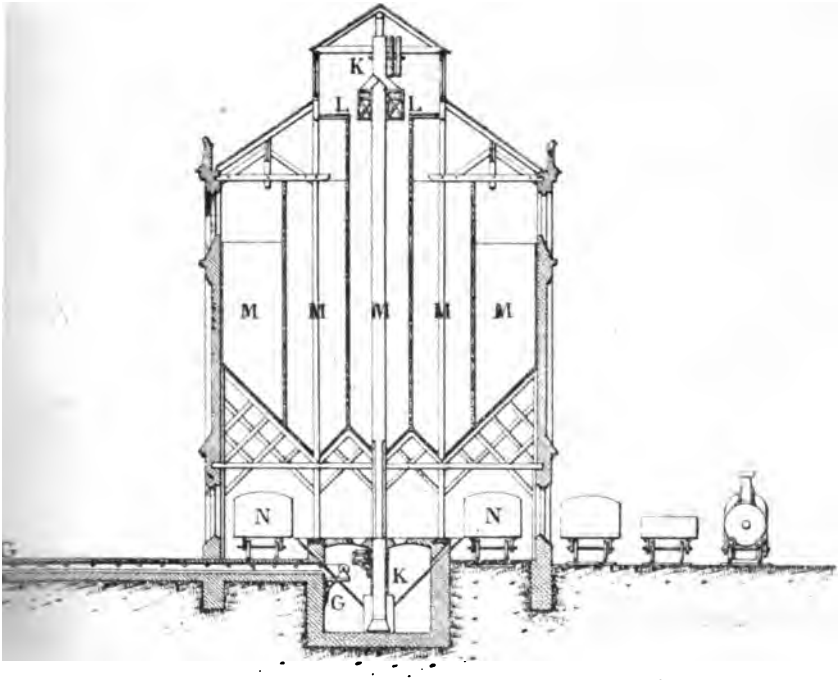
Le tunnel contenant la bande de toile sans fin FG pénètre enfin dans le grenier à silos. Le blé, arrivant à l'extrémité de la toile sans fin, est déversé au pied du grand élévateur K, qui répartit le blé sur d'autres toiles sans fin L, et de là dans chaque catégorie de silos M. Enfin, le blé peut être mis sur wagons N, et réexpédié, en ouvrant seulement des vannes.

État de la question à l'étranger.

Afin d'abréger, nous nous contenterons de résumer ce qui existe dans les pays étrangers que nous n'avons pas eu l'occasion de vi-

siter, et de décrire sommairement les installations que nous avons été appelé à étudier *de visu*.

Amérique. — C'est le pays d'élection de ces grands élévateurs. Nous donnons ci-joint une reproduction de l'élévateur de Brooklyn



qui peut contenir 70 000 *t* de blé, et élever par heure 1 500 *t*. On peut charger en même temps six navires, et, pendant cette opération, en décharger deux autres.

On connaît encore le Niagara Elevator et le Plimpton Elevator. Ces deux derniers sont situés à Buffalo.

Nous citerons encore le Kansas Elevator.

Angleterre. — Le Waterloo-Dock de Liverpool est une construction déjà ancienne, qui par suite ne montre pas ces perfectionnements. — C'est un grenier à plancher, énorme, ayant une surface de planchers utile de 38 000 m^2, mais l'outillage est très primitif.

On vient de construire dans la même ville de grands greniers à silos, aux docks Alexandra. La capacité utile est de 56 000 *t*. La hauteur du bâtiment est de 27 *m*.

Il y a quatre élévateurs principaux, dont deux de 75 *t* par heure

et deux de 100 *t*, capables de transporter chacun au besoin 145 t. Le bâtiment est naturellement éclairé à l'électricité.

On construit actuellement des appareils du même genre, mais de moindre importance, pour Cardiff, Bristol et Leith.

Il existe un grenier important à Dublin et un autre à Hull, de 4 000 *t*.

Autres pays. — Il existe peu d'appareils perfectionnés en Espagne, en Italie, en Autriche, en Turquie, en Grèce. — Nous ne croyons pas qu'il en existe en Danemark, ni en Suède-Norvège.

Belgique. — Ce pays s'est mis résolument en avant, et toutes les constructions pour céréales ont été inspirées par la pensée du type américain.

C'est surtout à Louvain que s'en est développé le goût. — Il y a là notamment une énorme minoterie, toute récente, pourvue de silos et d'appareils encore inconnus chez nous en minoterie, que les Allemands appellent les Plansichter.

La maison Rémy (fabrique d'amidon), de Louvain, a fait construire aussi des greniers à silos, d'une contenance totale de 1 600 000 *kg*, répartie en 8 compartiments d'une hauteur de 12 *m*.

Également à Louvain, nous citerons le moulin Hungaria, de MM. Peters fils, d'une capacité totale de plus de 2 millions de kilogrammes dans ses 18 silos.

Nous citerons encore à Louvain les silos de MM. Bauchan et C^ie^ et de MM. Bodard et C^ie^.

Mais la merveille du genre, presque dans le monde entier, est la *maison hanséatique d'Anvers*, établissement communal, dont la proximité de Paris rend la visite facile, non moins que la grande amabilité de MM. les Ingénieurs chargés des services de la Ville. — Nous ne saurions trop conseiller aux personnes que la question intéresse, de consacrer quelques heures de chemin de fer à ce petit voyage, car une simple visite dans ce superbe établissement est le plus sûr moyen de convaincre les incrédules, et de leur donner une démonstration efficace des avantages du système des silos, encore inconnu en France.

Cet énorme bâtiment occupe à lui seul tout un énorme môle carré, d'environ 150 *m* de côté, avancé au milieu des bassins d'Anvers, de telle sorte que trois de ses faces, entourées d'eau, sont de superbes quais de déchargement.

Le bâtiment lui-même couvre une surface de 80 *m* × 60 *m*. Autrefois, il y avait à l'intérieur de ce vieux bâtiment historique (maison hanséatique) une grande cour de 50 *m* × 30 *m*. — Elle a

été couverte et utilisée pour des silos, qui sont d'énormes cylindres en tôle de fer D = 4,50 *m*, H = 13 *m*.

Il y a 60 de ces cylindres.

Un nombre suffisant de bandes de transport et d'élévateurs permettent le déchargement mécanique de tous les navires et le magasinage automatique. — Le grain peut ainsi atteindre un point quelconque du bâtiment. Les bandes ont une largeur de 0,70 *m* et peuvent transporter chacune 100 *t* de grain par heure.

Les magasins peuvent loger 22 000 *t* de blé.

Toute la force motrice est donnée par la canalisation d'eau comprimée à 50 *atm* qui dessert tout le port, grâce aux accumulateurs de la Ville. — Cet entrepôt absorbe environ 320 *chx* de force motrice.

C'est un spectacle saisissant de voir l'intérieur de ce bâtiment pendant le déchargement d'un grand navire. — On ne voit pour ainsi dire pas un être humain, et l'on voit défiler rapidement devant soi, dans ces immenses espaces couverts, au milieu d'un silence profond, des masses énormes de blé qui vont se déverser avec ordre et obéissance, là où une main invisible les a dirigées.

Aussi le port d'Anvers, favorisé par une pareille installation, à tarifs exceptionnellement bas, a-t-il vu son trafic en céréales se développer, au point que la maison hanséatique est devenue insuffisante et que plusieurs projets sont à l'étude en vue de créer à cette colossale installation, non une concurrence nouvelle, mais de nouveaux auxiliaires, qui seront ses collaborateurs dans l'œuvre de développement de ce port admirable.

Hollande. — Ce pays n'a pas suivi le mouvement en faveur des greniers à silos. — La cause en est peut-être dans le développement de la navigation fluviale, grâce à laquelle les grands navires de mer, au lieu de venir à quai pour se décharger dans des entrepôts, se contentent de mouiller dans l'estuaire des fleuves et d'y décharger, souvent par leurs deux bords, sur des gabarres qui emportent directement le chargement en remontant le Rhin.

Le port de Rotterdam n'offre que des greniers à planchers (année 1890). Nous n'avons pas connaissance qu'il y ait été construit de silos depuis.

Dans l'intérieur du pays, le développement des moulins à vent rend inutile de grands approvisionnements de la part de ces petits minotiers.

Nous citerons cependant le moulin de Middlebourg dont les silos contiennent 2 000 000 de kilogrammes de grain.

Allemagne. — Dans ce pays, les derniers progrès en matière de construction de minoterie ont pénétré jusqu'au fond des campagnes, grâce à la diffusion de l'instruction professionnelle technique spéciale, que tous les ouvriers meuniers peuvent se procurer dans les nombreuses écoles spéciales de meunerie.

Il n'est plus de moulin quelque peu récent, en Allemagne, qui n'ait ses silos, ses bandes de transport, la mouture hongroise et les machines les plus perfectionnées.

Les Ingénieurs allemands se font un point d'honneur d'avoir des minoteries qui séduisent l'œil par leur aménagement spacieux et bien combiné.

Un modèle du genre est le moulin de Hameln, dans lequel nous avons eu l'occasion de passer une huitaine de jours, et dont nous donnons ci-jointe la description avec plans schématiques. — Il y a en réalité deux moulins, séparés par la rivière, mais le deuxième, qui ne sert que pour le seigle, est bien moins important. — Le moulin à blé, d'une production journalière de 175 000 *kg* de grain, a un grenier à silos composé de 8 compartiments de 16 *m* de haut et d'une capacité totale de 3 500 000 *kg*. La force motrice est donnée par deux turbines *(Pl. 62)*.

Nous donnons également à la fin de ce travail une description du grenier à silos de Hambourg, qui a sombré à la suite de difficultés financières provenant d'une erreur de ses fondateurs, qui l'ont construit hors de la portée des navires de mer.

Le magasin à silos de la maison J. Zoller et W. Nachfolger, de Ruhrort, peut contenir 1 600 *t*.

A Mannheim, la Société des entrepôts a un bâtiment contenant cinq étages de magasins à planchers, pouvant loger 12 millions de kilogrammes, et deux ailes contenant chacune 28 silos, d'une contenance totale de 10 millions de kilogrammes. La rapidité du déchargement d'un navire atteint 40 *t* par heure par élévateur.

Le bâtiment couvre un espace de 50 *m* × 28 *m* et a été inauguré en 1884.

Les magasins à silos de Cologne, qui ont eu à vaincre des difficultés spéciales causées par la topographie des lieux, peuvent contenir 3 500 000 *kg* dans 40 silos.

Il y a de très nombreuses usines en Allemagne qui ont chacune leurs silos, non pas seulement dans l'industrie de la minoterie, mais encore dans beaucoup d'autres, comme les fabriques d'huile, qui logent leurs graines oléagineuses de cette manière.

Russie. — Ce pays, où l'industrie est jeune, et où toutes les

usines presque sont neuves, a pu adopter sans hésiter les derniers perfectionnements.

Le travail de M. Pontzen, que nous avons déjà cité, décrit le développement prodigieux que prend la construction des greniers à silos dans la Russie méridionale.

A Saint-Pétersbourg, nous avons eu le plaisir de visiter l'énorme grenier élévateur à silos, installé sur le bord d'une des branches de la Néva.

Il appartient à deux célèbres Ingénieurs de Saint-Pétersbourg, MM. Boreyscha et Maximovitch, tous deux membres de la Société des Ingénieurs Civils de France.

M. Maximovitch nous a fait lui-même les honneurs de son élévateur, avec l'amabilité que l'on a appris à connaître depuis plusieurs années de la part de ses compatriotes.

A cette époque (1889), ces deux Ingénieurs n'avaient encore fait construire que l'aile gauche de leur projet, qui était symétrique, avec salle des machines isolée et dans l'axe des deux bâtiments principaux.

Nous donnons, à la fin de ce travail, la description détaillée de cette importante construction, et une gravure qui montre, vus de la rivière, les puissants élévateurs servant au déchargement des gabares fluviales.

Nous avons eu à cette époque l'occasion de visiter les principaux ports de la Russie méridionale, où l'outillage du commerce des céréales était encore dans l'enfance. On sait que ce commerce d'exportation est entre les mains d'un très petit nombre de maisons de Paris et de Londres, et leurs agents ne se montraient pas empressés de voir installer un outillage mécanique, car les diverses manutentions primitives étaient, dans ces ports de mer, une source de bénéfices considérables, prélevés par contre-coup sur le misérable paysan de l'intérieur des terres. — A Rostoff, notamment, et à Taganrog, nous avions rencontré une résistance manifeste à la création d'un outillage, basée sur les intérêts très puissants des intermédiaires. A Novorossisk, port qui venait de naître, les commerçants sentaient mieux la nécessité de donner à la marchandise des facilités, pour arracher le trafic aux habitudes séculaires du commerce fixé dans les ports voisins. Nous croyons savoir que des installations perfectionnées ont été faites dans ce port, qui ne tardera pas à détourner vers lui la majeure partie de l'exportation des céréales, qui sont trop lourdement grevées de frais inutiles dans les autres ports, par suite de manutentions énormes et de

magasinages défectueux et insuffisants. A Odessa, il n'y avait encore, il y a trois ans, que des projets, grandioses il est vrai, d'installations de silos. — On avait compris là, grâce au frottement de la civilisation dans ce grand port, que c'est encore par le bon marché qu'on attire l'argent et la fortune. — Et, loin de suivre l'exemple des ports arriérés comme Rostoff et Taganrog, l'on cherchait à diminuer les frais de la marchandise, pour en augmenter le trafic, c'est-à-dire en même temps les bénéfices des intermédiaires.

Depuis cette époque, M. Pontzen nous apprend que, grâce à l'initiative intelligente du gouvernement russe, ces installations, à Odessa, ont pris un développement considérable, et que de nombreux silos, de nombreux wagons spéciaux, permettent le transport, le magasinage et les manutentions du blé en vrac, avec des avantages qui nous sont encore inconnus en France.

Autriche-Hongrie. — Là aussi, quelques greniers à silos se sont créés, mais l'outillage est loin d'être aussi perfectionné, sous ce rapport, qu'en Allemagne. — La plupart des usines à Pesth, à Temesvar, Arad, etc., sont déjà relativement anciennes et antérieures à la pénétration, dans ce pays, de la connaissance du type américain. — Cependant les énormes usines de ce pays qui travaillent le grain, soit pour la distillerie, soit pour la minoterie, trouveraient de grands avantages à faire leurs manutentions de blés en vrac.

Roumanie. — Nous pourrons prendre encore d'utiles leçons dans ce pays qui vient de faire construire, à Galatz et à Braïla, de merveilleux établissements, qui sont des modèles du genre. — (Société roumaine de constructions, pour les bâtiments.)

(Société hollandaise Bouterse-Ozinga-Schrram, pour les quais et bassins.)

Dans chacune de ces villes, il y aura une installation à peu près semblable, — qui coûtera 3 millions et demi de francs. — Les seuls magasins de blé pourront loger dans chaque ville 25 millions de kilogrammes de blé. — La totalité de chaque magasin pourra contenir 60 millions de kilogrammes de marchandises diverses.

Il a fallu foncer 10 000 pilotis.

Remarques.

Nous avons omis à dessein certaines installations que nous avons visitées et qui peuvent servir aux céréales, mais sans outillage spécial et sans silos.

Les unes sont neuves, comme les magnifiques installations des deux « Lagerhauss Gesselschaft » de Brême et de Hambourg, véritables palais, éclairés entièrement à l'électricité.

D'autres sont très vieilles, comme les énormes magasins à planchers de Konigsberg, où il faut une main-d'œuvre formidable. — Là encore, les intérêts locaux consistent surtout à exploiter ces orgies de main-d'œuvre inutile, et nous y avons trouvé une résistance manifeste contre toute installation nouvelle. — Certaines personnes même, dans cette ville socialiste soumise à l'état de siège, prétendaient que les ouvriers du port feraient une émeute, plutôt que de laisser construire un outillage perfectionné qui réduirait l'emploi de la main-d'œuvre.

Tarifs de chemins de fer.

Nous avons cru devoir terminer cette étude par un aperçu des conditions de transport des céréales en France.

Sans doute, les tarifs de chemins de fer ne sont pas suffisants pour montrer dans leur ensemble les conditions de ces transports, puisque les céréales empruntent fréquemment la voie d'eau. — Mais il faut bien dire qu'en France les transports fluviaux n'intéressent qu'une région strictement limitée. — Il y a une grande quantité de canaux qui ne sont navigables que sur les livres officiels publiés par l'administration.

En fait, on peut séparer la France, au point de vue de la navigation fluviale, en deux régions : l'une, abondamment pourvue de canaux pour lesquels la batellerie n'a d'autre taxe à payer que les remorquages ; l'autre, pourvue de très rares canaux, dont quelques-uns étant entre les mains de leurs concurrents naturels, les Compagnies de chemins de fer, sont inabordables à la batellerie par suite de taxes trop élevées. La ligne de démarcation entre ces deux régions pourrait sensiblement être considérée comme passant par Rouen, Paris, Orléans, Nevers, Dijon, la Saône et le Rhône.

L'on voit donc que toute la région de l'Ouest est presque exclusivement sous le régime des transports par chemins de fer. — Il peut donc être intéressant d'examiner les tarifs de ces derniers et de les comparer entre eux.

Sous ce rapport, il faut distinguer chronologiquement deux époques. — L'une correspond à l'homologation du premier tarif général dont les bases kilométriques, trop élevées, ne permettaient

pas un transit suffisant pour rémunérer le capital. — Nous donnons ci-dessous un tableau des prix de transport sur toutes les Compagnies, aux conditions du tarif général. — Ces conditions, nous devons l'ajouter, ne sont plus appliquées nulle part, comme nous le verrons plus loin.

Sur toutes les Compagnies, les céréales, ou le blé en sacs, étaient taxées au barême 4 du Tarif général, et il en résultait les prix suivants :

Tarif général : Prix exprimés en francs par tonne.

DÉSIGNATION des COMPAGNIES	DE 0 à 100 *km*	à 200 *km*	à 300 *km*	à 400 *km*	à 500 *km*	à 600 *km*	à 700 *km*	à 800 *km*	à 900 *km*	à 1 000 *km*	à 1 100 *km*	à 1 200 *km*	à 1 300 *km*	OBSERVATIONS
														Base kilométrique variant de
Est	10 »	19 »	28 »	36 »	44 »	»	»	»	»	»	»	»	»	0,100 à 0,088
Nord.	10 »	19 »	27 »	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0,100 à 0,080
P.-L.-M.	10 »	19 »	28 »	36 »	44 »	51 »	57 »	62 »	66 »	70 »	74 »	»	»	0,10 à 0,067
Orléans	10 »	19 »	28 »	36 »	44 »	51 »	57 »	62 »	66 »	70 »	74 »	78 »	»	0,10 à 0,065
Midi	12 »	24 »	35 »	44 »	51 »	57 »	62 »	67 »	72 »	77 »	»	»	»	0,120 à 0,077
État.	9 50	17 »	24 »	32 »	40 »	48 »	»	»	»	»	»	»	»	0,095 à 0,089
Ouest	10 »	19 »	28 »	36 »	43 »	48 »	53 »	57 »	»	»	»	»	»	0,100 à 0,071

Ce tableau montre que toutes les Compagnies ont sensiblement le même tarif général, sauf le Midi, qui est plus cher, et l'État, qui est meilleur marché.

Mais l'application de ce tarif général révéla clairement qu'il était beaucoup trop élevé, et, peu à peu, les Compagnies firent homologuer des tarifs spéciaux qui opérèrent une réduction considérable dans les prix de transport des céréales.

Nous donnons ci-joint le tableau des prix réellement pratiqués de nos jours.

Il est juste d'ajouter que, sur chaque Compagnie, ces tarifs spéciaux sont accompagnés, en général, d'une quantité notable de prix fermes permettant des soudures, mais il ne saurait entrer dans le cadre de ce travail d'établir une comparaison absolue, et nous avons cru suffisant, pour donner une idée générale des conditions de transport sur les différentes Compagnies, de résumer dans le tableau suivant les tarifs de transport des céréales, au départ d'un point quelconque pour un autre point quelconque du même réseau.

Tarifs spéciaux : Prix par tonnes exprimés en francs.

DÉSIGNATION des COMPAGNIES	NUMÉROS DES TARIFS	DE 0 A 100 km	POUR 200 km	POUR 300 km	POUR 400 km	POUR 500 km	POUR 600 km	POUR 700 km	POUR 800 km	POUR 900 km	POUR 1 000 km	POUR 1 100 km	POUR 1 200 km	OBSERVATIONS
														Bases kilométriques variant de
Est	Tarif spécial P. V. n° 2 § IV. Barème E . . .	5 25	9 25	11 75	14 25	16 25	»	»	»	»	»	»	»	0,052 à 0,032
Nord	Tarif spécial P. V. n° 2 prix n° 1. Barème III.	6 »	9 50	11 75	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0,060 0,039
P.-L.-M. . . .	Tarif spécial P. V. n° 2. Barème D	5 25	9 50	13 50	16 75	20 »	23 25	26 50	29 50	32 »	34 50	37 »	»	0,052 0,034
Orléans. . . .	Tarif spécial P. V. n° 2. Bar. spécial et Bar. E.	6 80	11 80	15 80	18 50	21 »	23 50	26 »	28 50	31 »	33 50	36 »	38 50	0,068 0,032
Midi	Tarif spécial, Série P n° 2 et Barème C.	8 »	14 »	16 50	18 50	20 50	22 50	24 50	26 50	28 50	30 50	»	»	0,080 0,036
État	Tarif spécial P.V. n° 2.	4 »	7 »	9 »	12 »	15 »	18 »	»	»	»	»	»	»	0,040 0,030
Ouest.	Tarif spécial P.V. n° 2. Barème spécial. . . .	6 65	9 65	11 90	13 65	15 40	16 90	18 40	19 90	»	»	»	»	0,066 0,025

L'étude de ce tableau nous montre que les tarifs spéciaux sont loin de se ressembler.

Aux courtes distances, l'Orléans et le Midi ont des tarifs très élevés, tandis que l'État est de beaucoup le meilleur marché.

Pour les très grandes distances, l'Ouest est très bon marché, et l'on ne peut tirer de conclusion pour les réseaux comme le Nord, l'Est et l'État, qui ne se prêtent pas à de longs parcours. Mais, pour les distances utiles, qui ne dépassent guère en moyenne, pour les céréales, d'après les statistiques, 200 *km* par expédition, on voit que le réseau d'État est de beaucoup le plus avantageux.

Il y aurait encore à examiner les tarifs d'exportation.

Sur l'Ouest, ils n'offrent rien de particulier, étant calculés à des bases kilométriques se rapprochant de celles que nous avons vues.

Il en est de même sur l'Orléans.

Sur P.-L.-M., nous trouvons un prix ferme de Marseille à Dijon et *vice versa*, dont la base kilométrique est de 0,032, ce qui se rapproche de ce que nous avons déjà vu (18 *f* pour 555 *km*).

Sur l'Orléans, un prix ferme de Vendôme à Saint-Nazaire, à la base de 0,031 (10 *f* pour 321 *km*).

Conclusion. — On voit que, de beaucoup, c'est le réseau d'État qui est le plus avantageux pour les tarifs appliqués aux céréales. Nous avons déjà vu que ces différences dans les prix de transport n'intéressent que peu l'importateur. Cependant, ces différences sont si notables en faveur du réseau d'État, que, sans doute, elles pourraient entrer en ligne de compte pour favoriser une installation d'un outillage important pour le magasinage des céréales dans l'un des ports du réseau de l'État. En effet, nous avons vu que l'importateur s'attacherait plus à rechercher un point où il puisse magasiner rapidement, facilement et à bon marché, qu'à économiser quelques frais de transport, qui, étant toujours rapportés à la tonne, ne représentent, par hectolitre de blé, qu'un chiffre bien inférieur aux fluctuations des cours. Mais si le propriétaire d'un lot de céréales rencontre à la fois les facilités voulues et le bon marché des transports, nul doute qu'il ne s'arrête de préférence en ce point privilégié.

Nous avons négligé, dans cette étude des tarifs, de résumer les tarifs communs, ce qui nous eût entraîné beaucoup plus loin que le cadre de ce travail ne le comporte. D'ailleurs, comme nous l'avons exposé, ce ne sont pas de faibles différences de transport qui peuvent être intéressantes dans cette question.

Conclusions générales

Nous avons montré ce qui a été fait à l'étranger comme outillage de manutention et de magasinage des céréales.

Nous avons montré combien nos ports français sont en retard sur l'étranger sous ce rapport.

Nous avons indiqué sommairement sur quels points du territoire il pourrait être avantageux d'ériger une installation perfectionnée qui serait, pour nous, une expérience sanctionnée par quarante années de pratique à l'étranger.

Il serait à désirer que l'initiative privée entrât dans cette voie.

Les conséquences immédiates en seraient un développement du transit des céréales, un nivellement plus complet dans les cours, un exemple donné aux minotiers eux-mêmes pour les améliorations mécaniques à apporter dans leur matériel, d'où résulterait un développement de cette industrie, une réduction dans les prix de revient, ce qui pourrait faciliter dans l'avenir un abaissement du droit de douane.

De plus, tout ce que nous avons dit pour les ports de mer s'applique aussi à merveille pour l'intérieur du pays, et cette question peut présenter un intérêt capital, au moment où s'agite la question de l'organisation du crédit agricole.

L'Amérique et la Russie nous ont donné l'exemple, dans cette question de crédit agricole, la première par l'action de l'initiative privée, la deuxième par l'action unique et absolue de l'État.

Le jour où tous nos centres importants seraient pourvus de silos, permettant de warranter les céréales, on peut dire que le crédit agricole serait résolu.

Nous marchons vers ce résultat, et nous verrons sans doute un jour chaque ville pourvue d'une installation de ce genre, comme, à l'heure actuelle, d'une usine à gaz et d'une canalisation d'eau.

Cette fois, du moins, c'est la Russie qui nous aura montré le chemin dans la voie du progrès.

PIÈCE ANNEXE N° 1

Silos à blé de Galatz et Braïla.

Les bâtiments sont construits sur pilotis. Les pieux sont battus à 12 *m* de profondeur. La charge sur chaque pièce est d'environ 13 *t*.

La contenance de chacun des magasins est de 2 500 *t*. La force des machines est de 500 *chx*. Une petite pompe hydraulique avec un accumulateur actionne le magasin aux marchandises d'importation, qui est prévu très petit.

Les silos sont mus uniquement par transmission par câble.

La machine motrice est du type compound. Les machines à nettoyer sont très complètes. Il y a un jeu de balances automatiques. La mise en cale se fait par une voûte souterraine, sous le quai; cette voûte est munie d'une bande de transport.

Il y a environ 120 silos de 100 *t* et 200 de 50 *t*.

Les murailles des silos sont en ciment. Les silos ont une forme hexagonale. Les cloisons sont formées par une planche en ciment consolidée par un grillage métallique et assemblée par une tige de fer dans une autre plaque (8 lignes) formant coin d'assemblage.

La hauteur des silos est de 17 *m* environ. Ce mode de construction, en ciment, a été adopté parce qu'on dit que, dans le magasin d'Anvers, les parties en bois y ont été rongées par le frottement du blé. Devant les docks seront de grands bassins d'une profondeur maximum de 12 *m*. L'entrée du bassin pouvant s'envaser sera nettoyée continuellement par des dragues. L'entrée est mauvaise, se présente à contre-courant sur le Danube et en biais. Le terrain est bien mauvais; il ne résistait qu'à 1,97 *kg* par centimètre carré. D'après les projets, les Ingénieurs, arrivant à une charge de 1,3 *kg*, ont préféré par prudence battre des pilotis.

Le prix des bâtiments, machines, etc., avec plusieurs grues roulantes et un élévateur flottant, sera, pour Galatz, de 3 500 000 *f*.

PIÈCE ANNEXE N° 2

Élévateur à grains de Saint-Pétersbourg.

MM. Boreyschka et Maximovitch, Ingénieurs, propriétaires.
Luther, de Braunschweig, constructeur.

Le charbon coûte 25 *f* la tonne; la main-d'œuvre des ouvriers, 2,25 *f* par jour.

La capacité du silo est de 20 000 *t*. Le moteur est une machine compound de 150 *chx* qui marchera à 75 *chx;* les autres 75 *chx;* sont destinés à un second silo, dans l'avenir. Le générateur est une chaudière de 7 *atm* timbrée à 12 *atm*. Il y a 6 élévateurs, chacun peut faire 100 *t* par heure. Les bandes de transport sont en caoutchouc d'environ 0,60 *m* de largeur.

Il y a un élévateur pour décharger les navires, avec deux tours métalliques pour charger les navires. Les silos ont environ chacun 3 *m* de côté; ils sont carrés, leurs fonds sont de la forme figurée *(pl. 62 fig. 9)*.

Au-dessous du fond est une bande de transport.

La fondation est faite sur pilotis. Les pieux sont plantés tous les 5 *m* et à 6 *m* de profondeur.

Plus loin, à 10 *m* plus près de la rivière, on aurait trouvé un mauvais terrain, qui eût été moins solide.

Le poids total par mètre du sol est d'environ 3 *t* par mètre carré de fondation, soit 15 *t* sur chaque pieu en supposant que le silo soit rempli de blé.

Les silos ont environ 10 *m* de haut.

Les élévateurs ont environ 50 *cm* de large; on peut admettre pour chaque godet une contenance de 5 *l*.

Tout est en bois; il y entre environ un poids total de bois de 1 200 *t*.

Les planches qui forment les murs sont placées à plat les unes sur les autres, enchevêtrées aux coins. La paroi du mur est recouverte de plaques de tôle mince d'environ 0,8 *mm*, et entre fer et bois se trouve de l'étoupe imprégnée d'une composition particulière, inventée par un simple paysan russe, comme ignifuge.

Le toit n'est pas très en pente, malgré les neiges. Il est calculé pour porter jusqu'à 500 *kg* par mètre carré. Le silo contient deux « aspirateurs », suivis à l'étage inférieur de trieurs et enfin d'une balance automatique.

Les appareils à nettoyer ne peuvent faire que 60 *t* par heure, tandis que chaque élévateur fait 100 *t*.

Ici, les commerçants n'aiment pas à faire enlever la poussière du blé, ce qui diminuerait le poids. Aussi les élévateurs ne sont pas ventilés.

Le grain arrive soit par wagons, soit par bateaux. D'un wagon, il est vidé dans une trémie et de là monté par un élévateur. S'il vient par bateau, monté par élévateur à 10 *m* environ, il retombe sur un transporteur-bande qui l'amène aux grands élévateurs, qui le mettent en silos. On n'a pas fait monter directement en silos depuis la rivière, car il aurait fallu là un élévateur bien haut et très compliqué, qui se serait souvent cassé et aurait empêché les navires de décharger.

Tous les bois sont préservés par l'enduit ignifuge du paysan russe. Pour empêcher les rats de monter dans le grenier, il y a des escaliers mobiles se soulevant par contre-poids. L'épaisseur des poutres qui servent de mur aux silos est, en haut, de 10 *cm* × 30 *cm*, et, en bas, 20 *cm* × 30 *cm*. Elles sont placées à plat. Le plancher du silo est aussi fait avec des planches à plat, recouvertes d'une planche unie qui fera couler le blé à la trémie.

Mode de construction du fond des silos.

Les bâtiments sont en bois, ce qui constitue un mode de construction très élastique. Si le sous-sol vient à jouer, le bois suit le mouvement sans s'effondrer, et le bâtiment ne s'écroule pas, ce qui arriverait s'il était en pierre.

Les bâtiments en fer sont trop hygrométriques.

Lumière électrique. — La machine absorbe 12 *chx.* Il y aura 3 lampes à arc sur la rivière et 80 lampes à incandescence. Il y aura un ascenseur qui monte les grands fardeaux avec un filin d'acier jusqu'au plancher supérieur des silos. Le silo a environ 18 *m* de hauteur depuis le sol jusqu'au faite.

(Voir aux pièces annexes les dessins de l'élévateur.)

PIÈCE ANNEXE N° 3

Magasins à blé de Hambourg.

Ces magasins sont décrits dans un livre intitulé « Greniers », fait par « Luther » qui a été le constructeur de ces magasins.

Le but était de magasiner le blé automatiquement pour éviter la main-d'œuvre.

Le « Silo-Speicher » (magasin en forme de silo) a été bâti il y a huit ans, mais il était très mal situé dans le port de Hambourg, et semble avoir été mal dirigé. Les gros navires ne pouvaient pas venir jusque devant le Silo-Speicher. Il fallait les décharger sur allèges, qui venaient se ranger à quai devant le bâtiment, où des élévateurs emmagasinaient le grain. Par suite du surcroît de dépenses que j'indique, les grosses cargaisons de blé ne sont plus venues là, et l'entreprise a fait faillite. Depuis, le magasin à blé a été transformé en un simple grenier à plancher, qui sert de magasin général pour warranter les marchandises.

Il y avait 144 silos différents pour le grain, ce qui permettait de rendre toujours au propriétaire son même blé. Il fallait dix ouvriers pour tout le Silo-Speicher qui ne travaillait que le jour. Un seul des ouvriers était un « Obermeister », sorte de contremaître, un peu plus payé que les ouvriers ordinaires.

Le bâtiment comporte maintenant 10 étages. Il peut contenir au total 15 000 *t* de marchandises diverses.

Les tarifs actuels sont, par 100 *kg* et par mois, de 0,08 *f* pour le magasinage.

Le droit d'entrée en magasin, droit fixe, est de 0,14 *f.*

Le droit fixe payé à la sortie du magasin est de 0,14 *f.*

Pour les marchandises en sacs, telles que café, riz, ou en tonneaux, comme les huiles, le tarif est de 0,12 *f* pour le magasinage ou location du magasin.

Pour peser la marchandise, 0,06 *f* par 100 *kg.*

Pour les blés, la location du magasin coûte 0,08 *f* par 100 *kg* par mois.

Pour lui donner de l'air et le pelleter, opération nécessaire trois fois par mois, il faut payer 0,12 *f* par tonne.

Autrefois, quand l'ancienne Société exploitait le bâtiment construit en silos, les tarifs étaient les suivants pour les blés :

Manutention des grains à l'arrivée, emmagasinage simple, mise en silos, par tonne. . . . . 1,68 *f*
Pesage du grain à l'arrivée, par tonne. . . . . 1,85 *f*
Réexpédition du grain, par tonne. . . . . 1,68 *f*
Pesage facultatif à la sortie, par tonne. . . . . 1,85 *f*
Location du magasin par mois, par tonne . . . . . 0,75 *f*
Si on veut faire aérer le grain, le faire remuer, on compte par tonne . . . . . 0,12 *f*

. Ce *Silo-Speicher* réservé spécialement aux blés n'a pas trouvé d'aliment, car une grande partie du blé qui arrive à Hambourg, arrivant par grands voiliers, est mis directement du navire de mer dans le navire de rivière ; le steamer ou voilier n'a pas besoin de venir à quai, et se décharge au milieu du fleuve. Les bateaux de rivière emportent ensuite vers le centre de l'Allemagne, directement, la majeure partie du blé qui traverse ainsi Hambourg sans s'y arrêter. Il en est de même pour les maïs d'Amérique.

Le peu de blé que l'on doit magasiner est mis sur planchers, en sacs ou en tas.

De même pour le riz qui arrive toujours par steamers et en sacs.

La majeure partie des blés vient de Russie, les seigles de Roumanie.

Berlin absorbe beaucoup de maïs étranger.

Les blés du pays, du Sleswig-Holstein, ne peuvent être emmagasinés en silos, car ils sont trop humides ; on ne peut les entasser.

Hambourg ne possède pas d'élévateur mécanique.

PIÈCE ANNEXE N° 4

Moulin de Hameln, près Hanovre (Allemagne).

Sans entrer dans la description complète de ce moulin, nous donnerons ici quelques détails sur la manière dont y est pratiqué le magasinage, la réception et les manutentions du grain.

Il faut toutefois remarquer que, dans cette installation, le blé étant destiné à la mouture dès sa sortie des silos, il y a tout intérêt à lui faire subir, avant de le mettre en magasin, un nettoyage aussi complet que possible.

Nous ajoutons, à la suite de cette courte description, une figuration schématique de la manière dont le grain est manutentionné.

Le blé arrive de deux provenances distinctes :

Soit par bateaux,

Soit par camionnage (pour le blé du pays).

Dans l'un et l'autre cas, il est versé, en vrac, dans de grandes trémies qui le répartissent, à l'étage inférieur, dans la cave, sur les appareils de transport dans le sens horizontal.

Pour le blé qui arrive par bateaux, il était impossible de creuser le sol du tunnel par lequel le blé entre dans le moulin, au-dessous du niveau

des plus hautes eaux du fleuve. Or, si l'on s'était servi d'une bande-transporteur, il aurait fallu placer au-dessous de cette bande, dans le fond du tunnel, une vis d'Archimède, chargée de nettoyer ce tunnel et d'en enlever toutes les graines qui peuvent tomber de la bande de transport. Par suite de cette question de niveau des eaux, ce mode d'opérer était impossible. Comme, d'autre part, la distance à franchir horizontalement était très faible, on s'est contenté de mettre, au lieu d'une bande sans fin, une forte vis d'Archimède, qui amène ainsi le grain au pied de l'élévateur intérieur.

Le blé étranger (Russie, Amérique), qui arrive le plus généralement par ce conduit, contient beaucoup de poussière et beaucoup de petites graines noires de cavisons.

Ce grain est pris par un élévateur qui le conduit au troisième étage, où il est réparti entre trois tuyaux par lesquels il coule dans les appareils de nettoyage situés au deuxième étage. Il est pris dans des bluteries à mouvement très rapide (quatre oscillations par seconde). Ces bluteries sont à cinq tamis.

Le blé traverse un aspirateur et retombe sur une bande de transport, dans la cave, qui le conduit au pied d'un élévateur. Cet élévateur monte le blé jusqu'au grenier, où des bandes de transport répartissent le blé dans les silos.

On peut également conduire directement ce blé du bateau dans les silos sans nettoyage, et faire le nettoyage après. Dans ce cas, le blé coule par l'orifice inférieur du silo, sur une bande de transport qui l'amène à un élévateur. Le blé, remonté ainsi au grenier, est réparti par deux tuyaux entre toute la série des appareils de nettoyage.

Ces appareils se composent de :

Deux aspirateurs,
Une première série de huit trieurs,
Une deuxième série de huit trieurs,
Une troisième série de deux trieurs,
Une quatrième série d'un seul trieur,
Une meule à écorcer,
Meules en fonte à ébarber,
Tarare,
Machines à brosser.

Après avoir traversé toutes ces machines, le blé retombe sur une bande de transport, puis est saisi par un élévateur qui le remet en silos.

Les trieurs ont pour effet d'enlever les petites graines noires qui sont emmenées à part, par un élévateur spécial, et mises en sac par un ensacheur automatique. Elles sont vendues et trouvent un écoulement facile comme fourrage.

Nous n'entrerons pas dans la description détaillée des machines ci-dessus mentionnées, qui sont du domaine de la meunerie pure.

Comme toutes ces manutentions dégagent une grande quantité de poussière, le moulin est sillonné de larges conduits en bois dans lesquels un vide partiel est maintenu continuellement par un ventilateur central. De cette manière, il y a, dans tous les points du moulin, un courant d'air permanent, une aspiration par ces collecteurs de poussière. Ce

courant d'air, à la sortie du ventilateur, est dirigé dans une grande chambre à poussière de 4 m^2 de section sur 6 m de hauteur. Les poussières lourdes se déposent au fond, terminé en forme de trémie, et sont évacuées par le mouvement d'une vis d'Archimède en marche ininterrompue. Les poussières légères sont évacuées en plein air par une fenêtre ouverte dans la chambre à poussière.

Tous les appareils sont reliés à ces conduits d'aspiration, notamment les élévateurs et tous les points où le blé subit un changement de direction ou un transvasement qui lui fait dégager sa poussière.

Silos. — Leur mode de construction est le suivant:

Le fond est constitué par des rails de chemin de fer, inclinés à 45°, et contr'appuyés par d'autres gros rails de 50 *kg* environ. Un long couloir ventilé règne tout le long du fond des silos et est parcouru par une longue et puissante bande de transport. Devant l'orifice inférieur de chaque silo, pour faciliter la sortie du blé, se trouve un agitateur mécanique, muni d'une forte aspiration d'air, pour enlever la poussière.

Toutes les bandes de transport sont maintenues au degré de tension suffisant par des appareils compensateurs à contrepoids.

L'on conçoit que la direction d'un appareil aussi puissant, dont le service est assuré à peine par deux ou trois hommes, nécessite des individus d'une aptitude spéciale, très familiarisés avec les besoins de la minoterie et les soins à donner au blé.

L'Allemagne compte pour ce but plusieurs écoles pratiques spéciales de meunerie, dont les plus célèbres sont celles de Worms, Chemnitz et Holzminden. On y forme d'excellents chefs meuniers, ayant les connaissances de l'Ingénieur, jointes à la pratique de la minoterie.

Ces chefs meuniers sont très recherchés et arrivent à se faire de belles situations. Ainsi, à Stettin, la Société des Grands Moulins à vapeur paye un salaire de 8 000 *f* à son chef meunier.

(1) Voir les plans de ce moulin à la planche n° 2.

PIÈCE ANNEXE N° 5

Outillage de Rouen.

Il y a à Rouen trois Sociétés qui exploitent des entrepôts ou magasins à céréales.

Ces établissements sont situés sur la rive gauche et appartiennent:

1° A la Compagnie des Docks;

2° Aux Magasins généraux;

3° A MM. Pecat et Matussart.

La Chambre de commerce n'en possède ni n'en exploite aucun.

Le blé est amené du navire au magasin soit à dos d'hommes, soit par camions, et généralement en sacs.

Il n'y a aucun appareil mécanique pour les manutentions, ni élévateur, ni balances automatiques, ni bandes de transport.

L'aérage du blé s'y fait par pelletage à bras d'homme.

Tous ces magasins sont du type des greniers à planchers.

Le magasinage s'y fait habituellement en sacs.

La Compagnie des Docks *seule* a le monopole de l'entrepôt réel.

Toutes ces Sociétés sont constituées en magasins généraux et prêtent sur warrants.

Nous donnons ci-dessous les prix auxquels reviennent au commerce les diverses opérations que l'on peut avoir à faire subir aux céréales, à Rouen :

Débarquement, travail à la charge du capitaine, par 1 000 *kg*. .		0,70 *f*
En magasin au rez-de-chaussée, arrimage compris, par 100 *kg*.		0,12
Même opération aux étages	—	0,15
Prise à mi-quai, entrée au magasin rez-de-chaussée.	—	0,07
— — — aux étages. . .	—	0,10
Magasinage par mois au rez-de-chaussée	—	0,05
— — aux étages	—	0,07
Assurance par mille francs de valeur déclarée et par mois sans fractionnement		0,25
Pesage à la sortie s'il est demandé.	par 100 *kg*.	0,04
Desarrimage et livraison sans pesage du rez-de-chaussée sur voitures ou wagons	—	0,05
Désarrimage et livraison sans pesage des étages sur voitures ou wagons.	—	0,08
Pelletage.		0,04
Tararage par tarares à mains, l'heure		0,70

Si le navire n'opérait pas son débarquement au quai des Docks, il y aurait lieu de compter en sus des prix ci-dessus un camionnage variant suivant distance.

La Compagnie des Docks warranterait ces marchandises et en ferait l'escompte à 75 *f* 0/0 de leur valeur estimée par courtier.

Au taux de la Banque de France, 1/8 0/0 de commission en sus.

Valeur à trois mois.

PIÈCE ANNEXE N° 6

Outillage de Bordeaux.

Le commerce des céréales n'y est pas localisé dans des entrepôts spéciaux.

Il y a deux Compagnies principales qui s'occupent de ce magasinage sur la rive droite :

La Compagnie des Entrepôts maritimes ;

La Compagnie des Docks (Imsol).

Il y a beaucoup d'entrepôts privés sur la rive gauche, qui exercent leur industrie dans des conditions diverses, et procurent au commerce les avantages d'une constante concurrence, qu'il est impossible de chiffrer (Chambre de commerce).

En dehors de ces établissements privés, la Chambre de commerce loue dans ses Halles métalliques construites sur les quais du bassin à flot, des emplacements à la journée ou au mois qui sont très fréquemment utilisés et où la manutention est faite par le personnel des déposants.

Compagnie des Entrepôts maritimes du port de Bordeaux.

Cette Société anonyme exploite des entrepôts situés sur la rive droite de la Garonne, en face de l'entrée des Docks, et reliés à tous les chemins de fer.

Il n'y a pas à faire de camionnage pour y amener le blé. — Les entrepôts sont raccordés avec le fleuve par des voies ferrées, et une estacade appartenant à la Compagnie, où viennent décharger les plus grands navires. — La marchandise est mise directement sur wagons par des grues à vapeur. La traction est faite par une locomotive. — Les magasins sont à une distance d'une cinquantaine de mètres du quai de débarquement.

En fait d'appareils mécaniques pour les manutentions, il y a des treuils à vapeur qui montent les sacs de grains aux divers étages des magasins.

L'aérage du blé se fait par pelletage, à la main.

La superficie des magasins est d'environ 9 000 m^2; ils peuvent contenir environ 15 000 *t* de grain.

Ils sont du type des greniers à planchers. Ils ont des caves voûtées.

Le magasinage est fait à volonté, en sacs ou en vrac, suivant la place disponible.

Ces magasins sont constitués sous le régime de l'entrepôt fictif.

La Société exploitante est constituée en magasins généraux. — Elle délivre des récépissés à warrants, négociables dans toutes les banques. Elle ne fait pas elle-même les avances de fonds, qui sont fournis ordinairement par le Crédit Lyonnais, la Société Générale, la Société Bordelaise ou le Comptoir des Entrepôts et Magasins généraux de Paris.

Les prix des manutentions et magasinages sont à débattre dans chaque cas particulier.

Compagnie des Docks Maritimes de Bordeaux (Docks Imsol).

Cette Compagnie entrepose toute sorte de marchandises, mais a des magasins réservés pour les céréales.

Les entrepôts sont la propriété de cette Compagnie fondée au capital de 1 500 000 *f.*

Ils sont établis en façade sur la Garonne, à proximité du quai de débarquement appelé appontement de Queyries, qui a environ 400 *m* de longueur.

Le blé est amené par wagons du quai de débarquement aux magasins.

En fait d'appareils mécaniques à l'intérieur des entrepôts, il n'y en a aucun. — Les seuls appareils sont les grues à vapeur qui servent au déchargement des navires.

L'aérage du blé se fait à bras d'homme et à la pelle.

Les magasins ont une superficie de 3 000 m^2, pouvant loger, suivant le mode d'emmagasinage, en vrac ou en sacs, jusqu'à 6 000 *t.*

Ce sont des halles métalliques à rez-de-chaussée, avec plancher à la hauteur de la plate-forme des wagons.

Les magasins sont constitués sous le régime de l'entrepôt fictif.

La Société est constituée en magasins généraux ; elle délivre des warrants que les intéressés peuvent négocier en banque, mais elle ne prête pas elle-même sur warrants.

Taxes perçues : Le navire, devant la marchandise sur le pont, les taxes sont ainsi établies à forfait par 100 *kg* :

Marchandise prise sur le pont, débarquement à la grue sur wagons. traction au magasin, entrée et engerbement	0,15 *f*
Magasinage par mois, assurance comprise	0,0625
Livraison : par charrettes	0,10
Par wagons, pour expéditions par chemins de fer	0,10
Par gabares, avec même opération qu'à l'entrée.	0,15
Pesage par le Poids public	0,07

Toute personne qui veut se faire délivrer un warrant n'a d'autres frais à supporter que les frais d'impression et timbre du warrant, soit 1,60 *f* par warrant délivré.

On fait des avances jusqu'à concurrence de 75 ou 80 0/0 de la valeur des blés.

PIÈCE ANNEXE N° 7

Situation à Marseille.

Le commerce des céréales n'y est pas localisé dans des entrepôts spéciaux.

La Chambre de commerce n'y possède pas d'entrepôts.

Les magasins des Docks et Entrepôts sont les seuls dont l'accès ne nécessite pas de camionnage.

Les Docks et Entrepôts sont munis de quelques appareils automatiques, élévateurs, balances.

L'aérage se fait par pelletage, à bras d'homme.

Le magasinage est fait à volonté, soit en vrac, soit en sacs.

Tous les greniers sont du type des greniers à planchers.

Il y a de très nombreux magasins particuliers. En outre, les Sociétés importantes sont :

Compagnie des Docks et Entrepôts.
Domaine Grandval.
— *Cuoq.*
Magasins Généraux du Port Sud.
Docks libres et Magasins généraux.

Les taxes s'établissent, dans chaque cas particulier, par libre marchandage entre les Sociétés et les déposants.

Compagnie des Docks et Entrepôts de Marseille.

Cette Compagnie attire dans ses magasins la majeure partie du transit

des céréales de Marseille parce qu'elle peut décharger des navires avec une grande rapidité (un grand vapeur en vingt-quatre heures).

En face de ses magasins sont installés dans le bateau de grands élévateurs, qui puisent directement dans la cale du navire pour verser sur une bande de transport, qui conduit le grain jusqu'au magasin, ou, à volonté, sur le quai, où il peut être mis en sacs.

Tous ces appareils de déchargement sont mus par la pression hydraulique.

Les greniers sont du type des magasins à planchers. La manutention s'y fait à bras.

On peut ventiler le blé au moyen d'un ventilateur mécanique, qu'il faut tourner à main d'homme, et remplir par pelletage à bras d'homme.

L'aérage par pelletage est aussi fait à bras d'homme.

La contenance utile des magasins est de 150 000 *tx*.

Ils ont le monopole de l'entrepôt réel pour le port de Marseille, ce qui a beaucoup perdu de son intérêt depuis la création du système des entrepôts fictifs.

La Compagnie délivre des warrants. Elle a le droit de prêter sur warrants, mais ne le fait jamais dans la pratique, désirant ne pas faire concurrence aux Banques locales.

La Compagnie perçoit les redevances suivantes :

Tarif n° 2.	Pour débarquement (par tonne).	0,50 *f*
	Pour reconnaissance et opérations en douane.	1,50
	Mise en magasin	3,00
	Arrimage dans le magasin	0,70
	Pesage.	0,70
	Désarrimage dans le magasin pour la sortie. .	0,50
	Sortie du magasin.	1,50
Tarif n° 1.	Embarquement (wagon ou bateau)	0,50 *f*
	Magasinage.	0,40

Manutentions extra :

Mise en sacs.	1,00
Si l'opération a lieu au débarquement du navire	0,50

Pelletage. — Cette opération devant être faite à bras d'homme, la Compagnie n'a pas établi de tarif à la tonne. Elle fait seulement payer la main-d'œuvre (Tarif spécial n° 1), à raison de 6 *f* par homme et par jour.

C'est cette dernière Compagnie qui est de beaucoup la plus intéressante à étudier au point de vue des céréales à Marseille, car elle attire à elle presque tout ce transit (dans la proportion des neuf dixièmes).

Docks libres et Magasins généraux de Marseille.

(Capital : 1 600 000 francs.)

Ces docks ne sont pas reliés par wagons aux quais; les blés y sont amenés par charrettes.

Il n'y a aucun appareil mécanique, toutes les manutentions se font à bras.

Capacité utile, 16 000 *tx*.

Le magasinage est fait habituellement en sacs.

Le régime en douane est celui de l'entrepôt *fictif*.

La Société délivre des warrants, mais n'use jamais de la faculté qu'elle a de les escompter.

Les tarifs sont les suivants :

Déchargement du navire (ne s'en occupe pas).	
Transport au magasin (la tonne).	1,25 *f*
Pesage.	0,60
Mise en magasin	0,50
Magasinage, par mois	0.40
Sortie de magasin.	0,50
Pelletage, par homme et par jour.	6,00

PIÈCE ANNEXE N° 8

Port de Dunkerque.

La Chambre de commerce ne possède pas d'entrepôts à céréales.

Il y a de nombreux magasins particuliers qui se font concurrence et qui établissent leurs prix pour chaque affaire.

La Chambre de commerce ne possède que des hangars, affectés à toutes les marchandises.

Il y a un élévateur flottant à grains dans le bassin Freycinet. Il est exploité par MM. Dewulf, Cailleret et fils.

Il y a un entrepôt réel de douanes et deux Sociétés de magasins généraux.

La taxe de magasinage dans les hangars de la Chambre de commerce équivaut à 1 *f* par tonne et par mois. Ces taxes ne comprennent aucune assurance contre les incendies, les avaries, ni aucune garantie contre le vol.

Entrepôt réel des douanes.

Les taxes de magasinage sont de 1,10 *f* par tonne et par mois. Chaque manutention est comptée à raison de 1 *f* par tonne, tant à l'entrée qu'à la sortie.

Élévateur flottant.

Il est simplement mis à la disposition des intéressés, qui doivent fournir la main-d'œuvre, les wagons, bélandres, etc., dans des conditions prévues au point de vue de la rapidité.

Les taxes sont les suivantes, main-d'œuvre non comprise :

En vrac : Débarquement, pesage, mise à quai . . .	par tonne.	1 » *f*
— aération, livraison en sacs.	—	1,25
— — double pesage, livraison en sacs	—	1,50
— — double pesage, ventilation, nettoyage, criblage	en vrac.	2,50
Débarquement, aération, double pesage, ventilation, nettoyage, livraison en sacs		3 »

Pour les orges, 10 0/0 en plus.
Pour les graines oléagineuses, 20 0/0 en plus.

PIÈCE ANNEXE N° 9

Port de Hambourg.

EXTRAIT DU CONTRAT DE SOCIÉTÉ DE LA SOCIÉTÉ HAMBOURGEOISE DES ENTREPOTS ET MAGASINS GÉNÉRAUX DU PORT LIBRE

Hambourg, 1885.

TITRE PREMIER

Dispositions générales, siège social, durée, but de la Société.

Le but de la Société est . . . . . , et également l'exécution du contrat passé entre la direction des finances du port libre et de la ville hanséatique de Hambourg, et la Banque de l'Allemagne du Nord, à Hambourg, le 7 janvier 1885.

. . . . . .

TITRE II

Capital social, actions, actionnaires.

TITRE III

Administration de la Société.

TITRE IV

Détermination et répartition des bénéfices nets.

(L'État étant actionnaire, ce titre régit le mode de répartition des bénéfices entre la Société et l'État.)

TITRE V

Dispositions transitoires.

ANNEXE AUX STATUTS (EXTRAITS)

Convention passée entre l'Administration des finances du port libre de Hambourg, et la Banque de l'Allemagne du Nord.

Avec l'autorisation du Sénat du port libre et de la ville hanséatique de Hambourg, il a été convenu ce qui suit, entre l'Administration des finances, d'une part, et la Banque de l'Allemagne du Nord, d'autre part.

ARTICLE PREMIER

La Banque de l'Allemagne du Nord, à Hambourg, s'oblige, sous les conditions suivantes, à constituer une Société par actions ayant pour but l'installation et l'exploitation de magasins, entrepôts et comptoirs, et toutes autres constructions servant au commerce et à l'industrie, dans le périmètre du port libre de la ville de Hambourg.

ART. 2.

Dans ce but, l'Administration des finances abandonne à la Société, aussi longtemps qu'elle existera, comme une sorte de bail, un terrain, dont la forme reste à déterminer, dont la superficie sera de trente mille mètres carrés et qui sera pris parmi les terrains figurés au plan ci-annexé.

ART. 3.

Le capital social de la Société sera établi sur la base de neuf millions de marks, divisé en neuf mille actions de mille marks.

. . . . . .

ART. 6.

La Société est autorisée et astreinte, par arrêt du Sénat, à délivrer des warrants endossables sur les marchandises mises par elle en magasin, conformément à un règlement qui devra recevoir l'approbation du Sénat de Hambourg.

ART. 7.

La direction de l'exploitation est assurée par un ou plusieurs directeurs, d'après un règlement élaboré par le Conseil d'administration de la Société, sous l'agrément du Sénat de Hambourg.

ART. 8.

Le Conseil d'administration se compose de cinq à neuf associés. La Banque de l'Allemagne du Nord exercera son influence pour que, aux premières élections, ces administrateurs soient choisis parmi ceux qui appartiennent efficacement au monde des affaires, qui habitent Hambourg et y pratiquent un commerce important.

ART. 10.

Prévoit le partage des bénéfices.

ART. 11.

Le bénéfice que l'État prélève concurremment avec les actionnaires, après le versement à ceux-ci d'un intérêt de 3 1/2 0/0, bénéfice qui peut atteindre les 5/3 de la répartition faite ultérieurement aux actionnaires, représente pour l'État le montant du loyer du terrain que l'Etat a abandonné à la Société.

Quant aux 10 0/0 des dividendes (voir art. 10) ainsi qu'à la part de

dividendes supplémentaires revenant à l'Etat, ils sont versés à une caisse spéciale dite *fonds d'achat*, et destinée au rachat des actions de la Société.

ART. 12.

Les actions ainsi rachetées pour le *Fonds d'achat* continuent à jouir de leurs droits, qui sont exercés par l'*Administration des finances*. Les dividendes revenant à ces actions servent à grossir le *Fonds d'achat*.

ART. 17.

Comme rémunération financière de son intervention, la Banque de l'Allemagne du Nord reçoit de l'administration des finances une somme de cent cinquante mille marks, payables à l'ouverture de l'exploitation.

ART. 18.

La Banque de l'Allemagne du Nord s'oblige à réaliser la constitution de la Société avant trois mois. Mais, si cette Banque avait besoin d'une période plus longue pour cette réalisation, il pourrait lui être alloué une prolongation de délai, avec l'autorisation du Sénat de Hambourg.

NOTE

SUR

LA PRODUCTION DE VAPEUR

A LA RAFFINERIE SAY

PAR

M. S. PÉRISSÉ

La Société des Ingénieurs civils a reçu de nous, il y a quatre ans, communication des circonstances qui ont accompagné deux accidents de chaudières à vapeur, survenus dans deux raffineries à Paris.

Il s'agissait de deux chaudières à longs bouilleurs, par conséquent à longues grilles, marchant nuit et jour, et pour lesquelles l'allure du feu était relativement vive. Pour chacune d'elles, l'accident a été la conséquence d'une rupture, d'une ouverture d'une tôle de coup de feu qui présentait des traces d'altération dans la partie exposée à la plus haute température.

A la suite de l'accident survenu, malgré les plus grands soins apportés à la construction, à la conduite et à la surveillance des chaudières, la raffinerie Say a décidé de modifier son installation de production de vapeur, pour la mettre à l'abri des critiques que nous avions formulées, et elle a bien voulu prendre nos conseils pour déterminer les conditions principales de la nouvelle installation.

L'ancienne installation comprenait 35 chaudières en fer, 8 à longs bouilleurs et 27 chaudières semi-tubulaires, soit ensemble environ 6000 m^2 de chauffe.

La suppression absolue des 8 chaudières ordinaires longs bouilleurs (700 m^2) et leur remplacement par 22 chaudières semi-tubulaires en acier (5 200 m^2) ont été tout d'abord décidés. C'était donc une augmentation immédiate de 4 500 m^2 de chauffe

représentant les trois quarts de la surface existante. Deux ans après, 19 autres chaudières tubulaires en acier ont été construites, de sorte que l'installation actuelle qui fait l'objet de cette note, comprend 68 chaudières semi-tubulaires, présentant une surface de chauffe de 15 000 à 16 000 m^2.

Voici, par ordre de date, la nomenclature de ces chaudières :

Les trois plus anciennes datent de 1869 ; elles ont été construites par M. Durenne qui en a fourni 5 autres en 1874. Ces 8 chaudières sont en tôle de fer de Montataire.

De 1867 à 1886, la maison Cail et Cie a fourni à la raffinerie Say 14 chaudières ; les tôles des bouilleurs sont en fer n° 7 du Creusot, et c'est dans ces mêmes conditions qu'en 1883 M. Carion Delmotte en a livré 5 autres.

Pour une grande partie de ces chaudières, les tôles de coup de feu ont été remplacées au moment de leur réinstallation par des tôles de coup de feu en acier.

Nous avons ainsi un premier groupe de 27 chaudières en fer de provenances diverses, établies comme on le voit dans une période de 14 ans et qui, à raison de 200 m^2 l'une de surface de chauffe, donnent en tout $200 \times 27 = 5\,400\ m^2$. . . . . 5 400 m^2

En 1887, la Raffinerie commande à la fois 22 chaudières à M. Carion Delmotte. Ces chaudières sont complètement en acier soudable du Creusot, et chacune d'elles présentant 237 m^2 de surface de chauffe, la surface de chauffe totale s'est accrue de ce fait de $22 \times 237 = 5\,215\ m^2$. . . . . 5 214 m^2

Enfin, en 1889, le même constructeur a livré à la raffinerie Say 19 chaudières, toujours en acier soudable, de 254 m^2 soit. . . . . 4 826 m^2

D'où une surface totale de chauffe de . . . 15 440 m^2

Cette énorme surface est répartie en 5 batteries juxtaposées ; c'est sans nul doute la plus grande installation d'un seul tenant qui existe au monde entier, pour la production de la vapeur.

Il est vrai que la raffinerie Say est la plus grande des raffineries d'Europe, car elle produit journellement 500 tonnes de sucre raffiné.

Dans les raffineries de sucre, la consommation de vapeur est très importante, pour faire face à deux natures de besoins :

1° Fournir de la vapeur aux machines motrices pour actionner les divers outils de la Raffinerie et pour produire l'électricité nécessaire à l'éclairage ;

2° Fournir la vapeur nécessaire aux appareils à cuire les sirops et aux appareils d'évaporation.

A la Raffinerie Say, la vapeur qui a servi aux machines motrices reçoit une autre utilisation.

Elle est employée au chauffage des appareils d'évaporation à basse pression et à multiples effets et elle sert au chauffage des divers locaux de l'usine.

Description générale de l'installation.

Les cinq batteries de chaudières sont installées dans un espace de contour irrégulier, mais dont les trois parties, sensiblement rectangulaires, ont permis de faire des batteries droites suffisamment longues. *(Pl. 63 et 64.)*

Le premier rectangle, situé à l'angle des deux rues Dunois et Clisson, comprend 3 batteries composées de 19 chaudières de 254 m^2 et de 22 chaudières anciennes, avec 3 chaufferies, deux de 40 *m* de longueur et une de 33 *m*. Le surplus est occupé par deux cours non couvertes, par une cheminée, par des vestiaires, des lavabos et des cabinets d'aisances. Ce rectangle à 52 *m* de longueur et 41,50 *m* de largeur. . . . . Surface. 2 158 m^2

Le deuxième rectangle a 76,50 *m* de longueur sur 17,50 *m* de largeur, il contient une seule batterie, celle ces 22 chaudières de 237 *m*, et la petite usine pour le traitement des escarbilles dans la partie avoisinante de la rue Dunois. C'est sur le petit côté du rectangle que se trouve la façade sur ladite rue et aussi l'entrée charretière ; à l'opposé au fond de la batterie, un mur de protection de 1,25 *m* d'épaisseur a été construit avec un vide ménagé entre ce mur et le mur mitoyen du propriétés voisines. La surface est : 76,50 × 17,50 = 1 339 m^2. . . . . 1 339 m^2

Le troisième rectangle de 25 *m* sur 15 *m* comprend 5 chaudières anciennes et une batterie de 12 mètres de longueur, une des deux grandes cheminées et le local des machines d'alimentation avec baches et filtres à coke . . . . . Surface. 375 m^2

Surface totale occupée. . . . . 3 872 m^2

Cette surface peut se décomposer de la façon suivante.

Espace occupé par les chaudières proqrement dites :	
Chaudières anciennes. . . . . .512.	
22 chaudières de 1887. . . . . .469.	1 423 m^2
19 — de 1889 . . . . . .442.	
Les 5 chaufferies occupent.	874 m^2
Les cheminées, les machines d'alimentation et la petite usine à escarbilles	344 m^2
Les 3 cours, les passages, les vides.	1.231 m^2
Surface égale. . . .	3.872 m^2

Ces chiffres démontrent que l'installation est largement faite. Les ouvriers chargés du chauffage se trouvent dans de très bonnes conditions : ils sont à couvert dans les chaufferies, dont le sol est un peu en contre-bas des cours (0,70 *m*), ils ont derrière eux une cour qui leur donne de l'air, sans les exposer à des courants d'air, parce que les trois grandes cours communiquant entre elles n'en forment pour ainsi dire qu'une seule, et il ne s'établit pas de couloir d'air pour l'alimentation des foyers. Chaque chauffeur dispose d'un vestiaire, qui est peu éloigné des lavabos pourvus d'eau chaude et d'eau froide.

Au point de vue des besoins auxquels les 68 chaudières répondent, elles se divisent en deux groupes.

D'une part, un premier groupe, marchant à 7 *kg* de pression, et comprenant les 19 dernières chaudières construites avec une surface de 4 826 m^2.

Ces chaudières fournissent la vapeur aux machines motrices et aux machines électriques.

D'autre part, un deuxième groupe marche à 6 *kg* et la vapeur alimente les appareils à cuire les sirops et les appareils à vaporer. Il comprend les 49 autres chaudières représentant une surface de chauffe de 10.614 m^2.

Naturellement il y a deux séries de *tuyaux de vapeur*, dont les conduites maîtresses à la sortie de l'usine de production de vapeur ont les diamètres suivants :

Pour la vapeur à 7 *kg*.	0,500 *m*
— 6 *kg*.	0,600 *m*

Deux *cheminées* évacuent les gaz brûlés. L'une de 2,50 *m* de diamètre en haut et 50 *m* de hauteur au-dessus du conduit horizontal des fumées, dessert les 19 chaudières à 7 *kg* et 22 chau-

dières anciennes ; c'est-à-dire les 41 chaudières installées dans le premier grand rectangle. L'autre cheminée dessert les 27 autres chaudières, avec un diamètre de 2 *m* seulement et la même hauteur.

Le sous-sol des batteries comprend non seulement les conduits de fumées allant aux cheminées, mais aussi une galerie souterraine sous chacune des 4 grandes chaufferies, pour recevoir directement dans des bennes suspendues, les machefers et escarbilles et pour les conduire à la petite usine placée près de la façade sur rue. A cet effet les *quatre galeries souterraines* sont convenablement reliées avec des escaliers d'accès et des ouvertures d'aération.

Les *conduites d'eau d'alimentation* forment, bien entendu, deux groupes, aux pressions de 6 et de 7 *kg*. Chaque groupe de tuyaux forme un circuit fermé, avec vannes d'arrêt de distance en distance, de sorte qu'on peut en cas d'accidents, pour refaire par exemple un joint, isoler telle ou telle partie de la tuyauterie, sans cesser pour cela d'alimenter les chaudières qui sont plus loin, puisque le circuit permet d'y envoyer de l'eau par derrière ou par le côté opposé.

Enfin des *conduites de vidange* se trouvent les unes sur les massifs pour l'évacuation de la vapeur, et les autres dans les galeries souterraines, sous le pied des chauffeurs, pour l'évacuation de l'eau encore chaude.

Après avoir ainsi donné une description générale de l'usine pour la production de vapeur la Raffinerie Say, nous allons maintenant l'étudier dans ses détails, en huit chapitres :

A. — Chaudières nouvelles en acier. — Construction. — Nature du métal employé.

B. — Appareils de sûreté. — Mesures de sécurité.

C. — Appareils et eaux d'alimentation.

D. — Grilles. — Combustibles. — Escarbilles.

E. — Fourneaux. — Carneaux. — Cheminées.

F. — Vapeur. — Surface d'évaporation. — Conduites. — Purges.

G. — Vidange et nettoyage.

H. — Exploitation. — Résultats économiques.

CHAPITRE A.

Chaudières nouvelles en acier.

Description. — Tout d'abord donnons une description de l'une des 22 *chaudières en acier* dont la construction a été entreprise en 1887 sur nos conseils.

Considérons la chaudière toute nue, telle qu'elle est sortie des ateliers Carion-Delmotte à Anzin.

C'est un générateur semi-tubulaire de 237 m^2 de surface de chauffe à deux bouilleurs inférieurs et un grand corps cylindrique tubulaire surmonté d'un grand réservoir de vapeur.

Il n'entre dans la composition que de l'acier soudable du Creusot, les rivets seuls exceptés.

Le timbre de la chaudière est de 6 *kg*, parce que la batterie des 22 chaudières fait actuellement partie du groupe qui fournit la vapeurs aux appareils à cuire et à évaporer. — Mais le timbre de 7 *kg* a été prévu dans la construction.

Donnons quelques dimensions :

DEUX BOUILLEURS

Diamètre extérieur	0,800 *m*
Longueur partie cylindrique	5,000 *m*
Épaisseur des viroles	0,011 *m*
Fonds emboutis avec flèche de 12 *cm* :	
Épaisseur, avant	0,020 *m*
— arrière	0,015 *m*
Écartement entre les bouilleurs	0,250 *m*
Distance horizontale d'axe en axe des bouilleurs	1,050 *m*

La tôle de coup de feu, composant la demi-virole inférieure du bouilleur vers l'avant, a une longueur de 3,70 *m* à 3,80 *m* de sorte qu'il n'existe aucun joint, ni en dessus du foyer, ni à une distance de 1,50 *m* de l'autel en briques. Le joint transversal unique des viroles est donc situé à 1,25 *m* environ de l'arrière du bouilleur.

Les bouilleurs n'ont pas de support; ils sont suspendus au corps cylindrique par leurs communications.

GRANDS CORPS TUBULAIRES

Diamètre	2,050 *m*
Epaisseur des viroles	0,018 *m*
— des plaques tubulaires	0,020 *m*
Nombre des tubes non démontables	125
Diamètre extérieur des tubes	0,100
Longueur	5,000 *m*
Épaisseur	0,002 *m* 2 3

Les viroles sont au nombre de quatre, de sorte que chacune a une longueur d'environ 1,250 *m* d'axe en axe des clouures. La tôle employée a une longueur correspondant à toute la circonférence; c'est dire qu'il n'y a qu'un joint longitudinal qui est à droite pour deux viroles et à gauche pour les deux autres. Les joints longitudinaux sont vers la partie supérieure, en dehors de la partie chauffée par les gaz brulés.

Par suite de la pureté des eaux d'alimentation les tubes sont non démontables, simplement sertis. Il est à remarquer qu'ils occupent une partie relativement très importante de la surface transversale du corps cylindrique. Il n'y a que 0,60 *m* de vide maximum entre la rangée supérieure des tubes et le dessus du corps de chaudière.

La chaudière repose sur les murs des fourneaux par huit supports en fonte, quatre de chaque côté, qui sont très robustes et de grandes dimensions. La surface par laquelle ils touchent à la chaudière est, pour chacun, de 0,30 *m* de largeur et 0,60 *m* de hauteur. Sur le mur se trouve un sommier en fonte, sous chacun des supports fixés à la tôle, de sorte que le poids du générateur est réparti uniformément.

Malgré le sertissage des tubes, les plaques tubulaires sont reliées entre elles en dehors du faisceau des tubes, par six d'entre eux munis d'écrous. Il y a, bien entendu, deux goussets en tôle dans la partie supérieure.

RÉSERVOIR DE VAPEUR

C'est un corps cylindrique à génératrices horizontales, placé à 52 *cm* au-dessus de la chaudière.

Diamètre	1,550
Longueur, partie cylindrique	2,680
Epaisseur de la tôle	0,014

Fonds emboutis :

Épaisseur avant.	0,020 *m*
— arrière	0,016 *m*
Flèche du fond.	0,23 *m*
Longueur totale.	3,140 *m*

COMMUNICATIONS ÉGALEMENT EN TÔLE D'ACIER :

Il y a trois communications sur chacun des bouilleurs inférieurs, de sorte que la vapeur produite arrive au corps tubulaire par six communications ou cuissards.

Diamètre extérieur	0,440 *m*
Hauteur suivant le plan oblique passant par l'axe du bouilleur et l'axe du réservoir de vapeur.	0,750 *m*

L'axe du premier cuissard descend en un point de la grille situé aux 2/3 de sa longueur, c'est à dire que cet axe est à 0,50 *m* à 0,55 en avant de l'autel. Il y a entre les trois communications une distance d'axe en axe de 1,50.

Il y a deux communications verticales entre la chaudière et le réservoir de vapeur ; elles sont placées sur les deux viroles du fond, à une distance entre elles de 1,30 *m* d'axe en axe.

Diamètre extérieur	0,580 *m*
Hauteur	0,520 *m*

La surface de chauffe se décompose ainsi :

Bouilleurs	25,500 m^2
Corps cylindrique	25,200 m^2
Tubes	182,500 m^2
Communications.	3,800 m^2
SURFACE TOTALE.	237,000 m^2

Le *volume* se décompose ainsi :

Volume d'eau.	22,300 m^3
Volume de vapeur	8,950 m^3
VOLUME TOTAL.	31,250 m^3

Construction de la chaudière.

Les plus grands soins ont été apportés dans la construction, qui a été surveillée, dans les ateliers du constructeur à Anzin, par les inspecteurs de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur

du Nord, à la tête de laquelle était placé l'éminent et regretté M. Cornut, Ingénieur en chef-directeur.

Tous les trous de rivets ont été poinçonnés sur tôle plane à 6 *mm* de moins que le diamètre définitif, c'est-à-dire à 19 *mm*. Après envirolage de ces tôles, les 6 *mm* restants ont été enlevés à la mèche américaine, travaillant en une fois sur les deux tôles correspondantes. — L'emploi du bedane a été absolument prohibé, ainsi que celui de la broche.

Les trous sur les pièces de communication ont été percés à la mèche.

Toutes les rivures longitudinales et transversales sont à double clouure et en quinconce, sauf les attaches des fonds, des communications et des piètements.

Les rivets en fer fin de qualité supérieure ont 25 *mm* de diamètre, et ont été posés, sauf exception, à la riveteuse hydraulique.

Les chauffes partielles de l'acier, ou fer fondu soudable, ont été prohibées ; la chauffe a été générale lorsqu'il a été nécessaire de faire coller les bords d'une communication sur la tôle du corps cylindrique.

Les tôles ont été parfaitement chanfreinées et matées en dehors et en dedans, avec des outils convenablement appropriés pour éviter tout sillon sur la surface de la tôle.

Les épaisseurs données aux tôles d'acier ont été calculées comme pour les tôles de fer ; elles n'ont pas été sensiblement diminuées, malgré l'augmentation de résistance de l'acier, principalement dans le sens transversal du laminage.

Le constructeur a garanti pendant un an toutes les fournitures, sauf les fontes accessoires, exemptes de vices de construction ou de défauts dans les matières employées ; toutefois, s'il s'agit de vices cachés de matières, cette garantie n'entraînerait pour le constructeur que le remplacement des pièces avec la plus grande célérité.

Les 19 chaudières, construites deux ans après en 1889, sont pour ainsi dire identiques aux 22 chaudières dont nous venons de faire la description complète. Les résultats obtenus ayant été conformes à ceux que l'on attendait, les 19 derniers générateurs ont été construits sur les mêmes données et avec un métal identique.

Qu'il nous suffise donc de signaler les quelques différences

qu'ils présentent et qui portent presque exclusivement sur une longueur un peu plus grande, et sur l'augmentation de 0,10 *m* donnée au diamètre des bouilleurs, lequel a été porté à 900 *mm*.

Longueur des bouilleurs.	5,68 *m*
Même épaisseur des tôles	0,011 *m*
Écartement d'axe en axe	1,100 *m*

Les fonds en tôle emboutie ayant subi des mouvements de flexion, qui avaient pour résultat de casser la garniture des joints au minium du tampon, il a été employé, pour quelques-unes des dernières chaudières, des fonds en acier coulé, conformes au dessin ci-annexé, et avec lesquels les inconvénients des fonds emboutis ont disparu.

Les tôles de coup de feu ont la même longueur de 3,70 *m* à 3,80 *m* de sorte que le joint unique transversal des bouilleurs se trouve vers l'arrière à 1,90 *m* de l'extrémité.

Le corps tubulaire a conservé son diamètre, son nombre de tubes, etc. Un seul changement a été apporté, c'est l'augmentation de la longueur ; elle est de 5,40 *m* au lieu de 5 *m*.

Les détails de construction sont restés les mêmes ; toutefois, l'assemblage longitudinal de la tôle de chacune des quatre viroles est fait par deux couvre-joints, de sorte que la tôle de chacune a une forme absolument circulaire. Bien entendu, un couvre-joint est extérieur et l'autre intérieur.

Le réservoir de vapeur et les communications sont identiques.

Le timbre de ces chaudières est de 7 *kg* ; elles seules fournissent la vapeur motrice.

La surface de chauffe par chaudière est de 254 m^2.

Le volume d'eau atteint.	26 m^3
Le volume de vapeur est d'environ . .	9 m^3
VOLUME TOTAL	35 m^3

Le dessin joint à cette note représente une de ces 19 chaudières.

Nature du métal employé.

Le métal qui est entré dans la construction des 22 chaudières de 1887 et des 19 de 1889 est du métal basique extra-doux, fabriqué par le procédé Martin Siemens, à l'exclusion de tout métal provenant d'un convertisseur.

Les tôles ont été faites exclusivement avec les parties inférieures des lingots desquels on a abattu la partie supérieure, de sorte que le poids ainsi enlevé a été de 30 à 35 0/0 du poids total du lingot primitif.

Le cahier des charges imposé au constructeur a été rédigé par M. Cornut, de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur à Lille ; il est, dans ses grandes lignes, conforme aux conclusions que nous avons formulées dans le mémoire présenté à la Société des Ingénieurs civils en 1883 sur l'emploi de l'acier dans les constructions navales civiles, et mécaniques.

Aux essais à la traction, chaque tôle d'acier devait remplir les conditions suivantes :

Essais sur les tôles au naturel, non trempées et recuites après laminage ;

Résistance à la rupture maxima	40 *kg* par mm^2
Allongement 0/0 sur éprouvette de 200 *mm* de longueur, à la rupture, minima	30 0/0
Essais sur les éprouvettes ayant été trempées dans de l'eau à 28°, après avoir été portées au rouge-cerise.	
Résistance maxima	47 *kg*
Allongement 0/0, minima	18 0/0

Ces deux chiffres limites de 47 *kg* et de 18 0/0 n'étaient pas imposés d'une façon absolue comme ceux de l'acier naturel recuit.

Toute tôle non trempée qui résistait à plus de 40 *kg* était refusée : de même celle qui ne présentait pas avant rupture un allongement de 30 0/0. Les tableaux que nous donnerons ci-après indiquent que les usines du Creusot ont très largement rempli la condition requise.

Pour permettre la prise des éprouvettes, toutes les tôles ont été commandées plus longues de manière à pouvoir prélever sur chacune au moins deux éprouvettes de traction et des morceaux pour les *essais au pliage*.

Ceux-ci ont été faits sur des morceaux de tôle de 0,20 *m* de longueur et 0,04 *m* de largeur. Après avoir été trempés comme il est dit ci-dessus, ils ont pu être repliés en deux, bord à bord, sans que sur le dos et les côtés latéraux paraisse aucune crique ou gerçure. Les essais de pliage après trempe ont tous parfaitement réussi et ont montré la malléabilité et la ténacité parfaites du métal.

1er Lot. — Mai 1887.

Acier soudable du Creusot naturel recuit.

ÉPAISSEUR des TOLES	NOMBRE D'ÉPROUVETTES cassées		S SECTION en millimètres carrés des éprouvettes avant rupture		CHARGES par MILLIMÈTRE CARRÉ		ALLONGEMENT 0/0 sur 200 mm		S' SECTION en millimètres carrés des éprouvettes après rupture		CHARGES par millimètre carré de la section de rupture		$\frac{S'}{S}$	
	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
11 mm²	12	42	280	279	37,6	37,9	31,5	32,0	85,7	96,5	125,6	111,5	0,306	0,346
14 mm²	25	47	357	359	37,6	37,7	33	32,5	99,9	130,5	135,5	107,5	0,280	0,364
18 mm²	18	30	438	443	36,9	36,9	34,7	33,7	110,9	162	146,5	101,9	0,253	0,366
MOYENNES GÉNÉRALES.					37,4	37,6	33,2	32,6	»	»	»	»	0.277	0,358

Acier soudable du Creusot trempé au rouge cerise.

	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
11 mm²	14	40	270	276	47,9	48,2	17,9	18,6	98,8	112,5	132,1	120,2	0,366	0,408
14 mm²	26	47	356	359	48,4	48,5	18,3	17,9	110,4	157,3	157,5	112,7	0,311	0,438
18 mm²	19	28	446	454	48,6	49,04	20,1	19,5	127,1	201,2	171,6	112,2	0,285	0,443
MOYENNES GÉNÉRALES.					48,4	48,5	18,8	18,5	»	»	»	»	0,316	0,429

2e Lot. — Juillet 1887.

Acier soudable du Creusot naturel recuit.

ÉPAISSEUR des TOLES	NOMBRE D'ÉPROUVETTES cassées		S SECTION en millimètres carrés des éprouvettes avant rupture		CHARGES par MILLIMÈTRE CARRÉ		ALLONGEMENT 0/0 sur 200 *mm*		S' SECTION en millimètres carrés des éprouvettes après rupture		CHARGES par millimètre carré de la section de rupture		$\frac{S'}{S}$	
	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
11 *mm²*	»	36	»	291	»	37,7	»	30,8	»	85,1	»	129,6	»	0,295
14 *mm²*	»	30	»	374	»	38,2	»	31,2	»	118	»	123	»	0,315
18 *mm²*	»	24	»	470	»	36,9	»	34,1	»	122	»	143	»	0,259
MOYENNES GÉNÉRALES					»	37,6	»	31,8	»	»	»	»	»	0,292

Acier soudable du Creusot trempé au rouge cerise.

	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
11 *mm²*	»	36	»	298	»	47,5	»	18,8	»	103,7	»	137,9	»	0,348
14 *mm²*	»	30	»	370	»	47,9	»	19,3	»	126,6	»	140,6	»	0,342
18 *mm²*	»	24	»	473	»	47,5	»	19,8	»	150,8	»	152,8	»	0,314
MOYENNES GÉNÉRALES					»	47,6	»	19,2	»	»	»	»	»	0,337

3e Lot. — Octobre 1887.

Acier soudable du Creusot naturel recuit.

ÉPAISSEUR des TOLES	NOMBRE D'ÉPROUVETTES cassées		S SECTION en millimètres carrés des éprouvettes avant rupture		CHARGES par MILLIMÈTRE CARRÉ		ALLONGEMENT 0/0 sur 200 mm		S' SECTION en millimètres carrés des éprouvettes après rupture		CHARGES par millimètre carré de la section de rupture		$\frac{S'}{S}$	
	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
11 mm²	»	35	»	279	»	36,7	»	32	»	85	»	122,3	»	0,303
14 mm²	»	16	»	352	»	36,9	»	32,7	»	101,8	»	128,2	»	0,290
18 mm²	»	34	»	450	»	37,2	»	33,6	»	129,8	»	129,9	»	0,288
MOYENNES GÉNÉRALES					»	36,9	»	32,8	»	»	»	»	»	0,294

Acier soudable du Creusot trempé au rouge cerise.

	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
11 mm²	»	35	»	277	»	47,3	»	19,6	»	95	»	138,3	»	0,343
14 mm²	»	16	»	353	»	46,9	»	20,9	»	119,7	»	139,2	»	0,340
18 mm²	»	34	»	449	»	47,2	»	20,7	»	146,5	»	147,5	»	0,326
MOYENNES GÉNÉRALES					»	47,1	»	20,4	»	»	»	»	»	0,336

Les trois tableaux précedents donnent les résultats des essais à la traction sur les diverses catégories de tôles, **11** *mm*, **14** *mm* et **18** *mm* d'épaisseur, les unes recuites après laminage, et les autres trempées au rouge cerise dans l'eau à 28°.

Chaque tableau s'applique à un lot de tôles et donne, en outre des charges et allongements rapportés aux dimensions primitives de l'éprouvette, la section rompue, la charge par millimètre carré de la section et le rapport $\frac{s'}{s}$ appelé ***striction***.

En comparant les résultats des essais à la traction, on remarque que les tôles plus épaisses ont donné un peu plus d'allongement pour cent. Pour les éprouvettes recuites comme pour les éprouvettes trempées, le tant 0/0 d'allongement des tôles de **18** *mm* d'épaisseur dépasse l'allongement moyen.

Le premier tableau des aciers du premier lot a indiqué que les charges de rupture et les allongements étaient sensiblement les mêmes, soit que les éprouvettes fussent prélevées en long ou en travers du laminage. C'est une excellente condition pour des tôles de chaudières, surtout pour les tôles de coups de feu qu'il importe de cintrer avec les génératrices du cylindre parallèles au sens des derniers passages au laminoir, c'est-à-dire dans ce qui est pour les tôles de fer le mauvais sens du cintrage. On peut ainsi, avec les tôles d'acier, éloigner beaucoup du feu la première clouure transversale, ce qui est une bonne condition de sécurité et de longue marche sans détérioration.

En raison des résultats obtenus en long et en travers sur les tôles du premier lot, on s'est contenté, pour les deux autres, de prélever les éprouvettes en travers du laminage, et ainsi, on a pu ne faire les tôles que 0,10 *m* plus longues, tandis que la longueur supplémentaire perdue sur chaque tôle était beaucoup plus grande, avec l'obligation de pouvoir prélever des éprouvettes en long.

TABLEAU DONNANT LES RÉSULTATS D'ESSAIS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES COULÉES EN "ACIER SOUDABLE" EMPLOYÉES POUR LA FABRICATION DES TÔLES DU PREMIER LOT.

NUMÉROS des COULÉES	ESSAIS PHYSIQUES				ESSAIS CHIMIQUES				
	RÉSISTANCE par mm^2		ALLONGEMENT 0/0		C.	Si	S.	Ph.	M.
	naturel	trempé eau 15°	naturel	trempé					
	kg	*kg*							
5768.	37,0	50,0	33	19	0,13	traces	0,02	0,011	0,42
5774.	37,7	48,3	34	22	0,15	traces	0,02	0,029	0,41
5778.	36,7	49,6	31	20	0,14	traces	0,02	0,018	0,36
5778.	37,6	51,0	34	17	0,15	traces	0,02	0,012	0,38
5803.	37,0	49,2	34	15	0,13	traces	0,02	0,011	0,41
5813.	37,5	51,3	34	16	0,14	traces	0,02	0,013	0,39
5819.	36,7	49,0	34	22	0,14	traces	0,02	0,012	0,38
5823.	37,7	50,0	33	24	0,14	traces	0,02	0,017	0,40
5841.	36,6	49,8	35	21	0,14	traces	0,02	0,013	0,38
5852.	36,3	46,8	35	26	0,12	traces	0,02	0,011	0,42
5861.	37,6	47,7	32	22	0,12	traces	0,02	0,013	0,44
5887.	38,0	50,7	32	20	0,14	traces	0,02	0,016	0,44
5892.	37,2	47,6	31	21	0,12	traces	0,02	0,020	0,33
5917.	36,4	47,2	34	19	0,12	traces	0,02	0,015	0,30
5927.	36,5	48,9	32	17	0,14	traces	0,02	0,024	0,37
5932.	37,2	51,6	34	15	0,14	traces	0,02	0,018	0,43
5942.	36,8	50,0	31	21	0,15	traces	0,02	0,020	0,41
5947.	37,4	50,5	34	17	0,15	traces	0,02	0,024	0,37
MOYENNES . .	37,1	49,4	33	19,7	0,136	traces	0,02	0,016	0,39

Les renseignements précis qui précèdent, démontrent que l'acier employé dans la construction des chaudières de la raffinerie Say présente une homogénéité parfaite, une malléabilité que nulle tôle de fer ne peut donner aussi grande; rappelons que les tôles de fer sont d'autant plus exposées à donner des dédoublures et des boursouflements, que leur qualité est meilleure au point de vue de la résistance et de la malléabilité. Avant l'emploi des tôles de coup de feu en acier, la raffinerie Say avait tous les ans des dédoublements sur les tôles de fer quelle que fût leur provenance. Avec les tôles d'acier les dédoublements ne se produisent plus.

Les tôles d'acier soudable, extra-doux, ont été fournies en 1887 par les usines du Creusot à raison de 28 *f* les 100 *kg*, alors que ces usines ne pouvaient livrer à la raffinerie Say qu'à un prix de 50 à 65 *f* des tôles en fer de la qualité n° 7 (1). Le rapprochement de ces deux prix est bien éloquent en faveur de l'acier extra-doux.

(1) Des tôles anglaises, dites de Lowmoor, ont été payées jusqu'à 90 *f*, et elles se dédoublaient aussi facilement que les tôles supérieures françaises.

Mais cet avantage n'est rien, par rapport à celui beaucoup plus grand, beaucoup plus certain, que l'acier présente au point de vue de la sécurité et de la tenue au feu.

Seulement, il faut que le métal employé remplisse les conditions que nous avons plus haut indiquées et, notamment qu'il soit extra-doux et obtenu sur la sole basique ou neutre d'un four Martin-Siemens.

Il a été dit, par un Ingénieur compétent, qu'il est difficile d'obtenir à la cornue Bessemer acide ou au four Siemens acide, des aciers au-dessous de 40 *kg* sans s'exposer à avoir un métal rouverin aussi dangereux à mettre en œuvre que l'acier dur.

L'accident survenu aux chaudières du *Livadia* pourrait s'expliquer ainsi, car l'acier avait subi avec succès toutes les épreuves par traction (résistance et allongement), et on n'avait constaté à ces essais qu'un manque d'uniformité, d'homogénéité. Plus tard, l'examen des cassures des éprouvettes a montré une série de petites criques et fentes longitudinales. Le métal était donc rouverin.

Le *Lloyd* anglais interdit l'emploi, pour tôles à chaudières, de l'acier basique fabriqué au convertisseur, car, avec le sursoufflage, le métal a tendance à être rouverin, surtout avec les fontes anglaises.

Pour toutes ces raisons l'acier sur sole basique a été exigé pour la construction des chaudières de la raffinerie Say. Ce n'est que sur la sole basique ou neutre d'un four à gaz que l'on peut obtenir sûrement un métal bien épuré et bien homogène dont toutes les barres supportent avec succès les épreuves requises, comme résistance, comme allongement et comme ténacité. Cette dernière épreuve a consisté dans le pliage à bloc, après trempe énergique, sans gerçure, ni crique.

CHAPITRE B

Appareils de sûreté.

La question de sécurité a toujours fait l'objet de la principale préoccupation des Ingénieurs de la Raffinerie Say. L'organisation et la surveillance de la partie de l'usine dont nous nous occupons en apportent la preuve.

Voici la nomenclature des appareils de sûreté de chacune des soixante-huit chaudières :

Deux indicateurs de niveau d'eau à tube de verre. Ils sont

placés sur la façade du fourneau, l'un à droite et l'autre à gauche ;

Un troisième indicateur de niveau est placé sur le massif du fourneau, dans l'axe et vers l'avant de la chaudière. Il consiste en un indicateur magnétique Lethuillier-Pinel ;

Deux soupapes de sûreté à échappement progressif, de Lethuillier-Pinel, ayant 90 *mm* d'orifice et possédant chacune un tuyau d'évacuation de vapeur au-dessus du toit ;

Un grand manomètre à cadran de 0,30 *m* de diamètre, disposé sur le côté de la façade, un peu au-dessus et à droite de l'un des niveaux d'eau. Il est placé sur la ligne médiane qui sépare les deux fourneaux contigus. En outre, plusieurs manomètres enregistreurs sont installés, pour chacun des deux groupes de chaudières en communication entre elles. Dans l'un, nous l'avons déjà dit, la pression est de 7 *kg* et dans l'autre de 6 *kg* ;

Deux clapets de retenue d'eau placés devant la tête de chacun des bouilleurs ;

Un clapet réglementaire de retenue de vapeur, système Lethuillier-Pinel, à la suite et dans le voisinage immédiat de la prise de vapeur ;

Un autre clapet de vapeur contre la tubulure du collecteur, lequel se ferme si la pression dans la chaudière elle-même vient à être inférieure à celle du collecteur.

On le voit par cette nomenclature, les appareils de sûreté so plus nombreux que ceux que les règlements imposent.

Leur installation est des plus soignées ; leur surveillance et leur entretien sont assurés.

Il existe pour chaque chaudière une lampe à incandescence de 16 bougies placée sous un abat-jour émaillé. Cette lampe, placée sur la ligne médiane de deux chaudières voisines, éclaire un manomètre et deux niveaux d'eau ; parmi ceux-ci, l'un appartient à la chaudière de droite et l'autre à la chaudière de gauche, de sorte que, si, pour une cause quelconque, l'une des lampes venait à manquer, le chauffeur aurait encore l'indication de l'autre niveau à tube de verre.

Chaque tube de niveau est purgé au moins deux fois par poste, donc quatre fois en vingt-quatre heures. Un appareil de blindage mobile est placé sur les verres du niveau pendant la purge de l'appareil. La fréquence des purges est plus nécessaire peut-être, parce que la prise d'eau sur les chaudières est à 0,30 *m* en contre-bas du niveau. On conçoit que quelques boues de surface peuvent

aller dans le tube. Mais on échappe ainsi à l'inconvénient que présentent les tubes avec prises d'eau trop basses sur les bouilleurs par exemple. Dans ce cas et en raison des différences de densité de l'eau à l'intérieur et à l'extérieur, le tube n'accuse pas le vrai niveau dans la chaudière. Il accuse un niveau plus bas. La sécurité est sauvegardée, mais en raison de l'élévation de l'eau au delà de ce qui est nécessaire, la quantité d'eau entraînée peut être plus grande.

Plusieurs fois par jour, chacun des manomètres isolés est observé, et si la différence qu'il accuse avec les autres et avec les manomètres enregistreurs dépasse un quart de kilogramme, le manomètre est démonté et envoyé en réparation.

CHAPITRE C

Alimentation.

Les machines alimentaires consistent en des pompes à vapeur horizontales à pistons plongeurs, qui refoulent l'eau sous pression dans un circuit de tuyaux parcourant toutes les chaudières. Nous avons fait ressortir plus haut l'avantage que présentent, au point de vue de la facilité des réparations, les conduites d'eau formant un circuit fermé.

Ce circuit forme en outre un véritable réservoir d'alimentation, muni de distance en distance de récipients d'air, de pièces de dilatation, de soupapes d'arrêt en quantité suffisante pour pouvoir isoler facilement telle ou telle section en cas d'accident, sans pour cela nuire à la production de la quantité de vapeur nécessaire. Cela est d'autant plus facile que les chaudières sont dans des conditions telles que leur production peut être momentanément augmentée dans une grande proportion.

La plus grande vitesse de l'eau dans les conduites d'alimentation est de 0,30 *m* par seconde (en bien des points elle est de 0,10 *m* et même moins), c'est dire que la perte de charge y est très faible et qu'elle ne gêne en aucune façon l'alimentation égale de toutes les chaudières.

Les pompes, au nombre de trois, sont disposées dans un local spécial pour pouvoir se suppléer l'une l'autre ; deux seulement sont nécessaires, une pour chaque groupe, la troisième sert de pompe de rechange. Chacune est munie d'une soupape de sûreté sur sa conduite de refoulement, et la décharge de l'eau, lorsque la soupape manœuvre, se fait dans le réservoir d'aspiration.

D'où provient l'eau d'alimentation ? En grande partie, des eaux distillées provenant de la condensation de la vapeur dans les divers chauffages de l'usine (les appareils d'évaporation à multiples effets donnent des excès d'eau par rapport à la vapeur génératrice), et le complément, de 1/8 environ, est fourni par le puits artésien de la Raffinerie, qui donne de l'eau à 10° hydrotimétriques (1). Cette eau est épurée dans un appareil Gaillet et Huet qui la ramène à 4° à l'hydrotimètre. L'eau introduite marque moins de un degré. L'importance de ce complément s'explique par les pertes provenant des purges des machines, que l'on ne recueille pas à cause des matières grasses, et aussi par les pertes de toute nature, accidentelles ou normales, et enfin par les pertes provenant du chauffage par barbotage.

Les eaux contiennent néanmoins une petite quantité de matières grasses qu'il importe d'éliminer, et à cet effet elles passent sur des filtres à coke avec interposition de chiffons de coton ; l'emploi des éponges ayant dû être abandonné à cause de la rapidité de leur destruction.

L'eau d'alimentation sort des pompes à une température moyenne de 85°, et cette eau, sous pression dans le circuit, entre dans chaque chaudière automatiquement au moyen de l'appareil d'alimentation Lethuillier-Pinel. Chaque chaudière s'alimente donc d'une façon continue, au fur et à mesure des besoins, c'est-à-dire quand le niveau de l'eau baisse dans la chaudière.

Pour ne pas être à la discrétion d'un appareil et aussi pour obliger le chauffeur à surveiller ses niveaux d'eau, il a été installé sur chaque chaudière, à la droite de la porte de chargement, une manivelle qui manœuvre un robinet d'alimentation placé sur le fourneau. De cette façon le chauffeur peut, sans se déranger, alimenter lui-même la chaudière, si l'alimentation automatique vient à manquer ou est insuffisante.

Le tuyau d'alimentation, de 70 *mm* de diamètre, se subdivise extérieurement sur la devanture en deux tuyaux de 50 *mm*, parce que l'alimentation de la chaudière se fait par chaque bouilleur avec entrée par les fonds et dans leur partie supérieure, laissant par conséquent en dessous le tampon du bouilleur. — Lorsque le tuyau a pénétré à l'intérieur, il redescent en contournant le

(1) Le puits artésien, construit par la maison Dru, a été terminé en 1870. Il a une profondeur de 580,19 *m* ; son débit, qui a varié de 4 500 *l* à 3 000 *l* par minute par suite d'éboulements, est actuellement de 3 800 *l* à 8 *m* au-dessus du sol. Le diamètre du tubage est de 424 *mm*.

bouilleur, puis il s'allonge horizontalement, à 0,04 ou 0,05 *m* du fond pour aller déboucher à l'extrémité basse arrière du bouilleur. — On peut admettre que l'eau s'est chauffée dans le parcours et qu'elle ne débouche sur la tôle qu'à une température déjà assez élevée. Aucune corrosion n'a été constatée aux environs de l'arrivée de l'eau d'alimentation.

Ainsi que nous le verrons plus loin, la vidange se fait par les deux tuyaux d'alimentation.

CHAPITRE D

Grilles. — Combustibles. — Escarbilles.

Les grilles sont plus larges que profondes ; elles ont 2,10 *m* de largeur pour les chaudières de 237 *m* et 2,20 *m* pour celles de 254 *m*, avec deux portes de chargement, afin de pouvoir répartir uniformément le combustible sur toute la surface des grilles qui n'ont que 1,55 *m* de profondeur avec des barreaux Wackernie de 1,36 *m*. La distance entre la face de la devanture de la chaudière et l'autel du fond de la grille est de 1,98 *m*, c'est-à-dire moins de 2 *m*.

La surface des grilles est donc de 3,25 *m* à 3,40 *m*, représentant 1,37 0/0 de la surface de chauffe. Celle-ci comprend une surface de chauffe directe de 3,50 *m* à 4 *m*, qui représente la surface du bouilleur exposée au rayonnement de la grille.

Les grilles Wackernie sont à espacements étroits : 7 *mm*. Elles sont donc disposées pour brûler des combustibles menus, maigres. Les barreaux sont inclinés, puisque sur le devant il y a une distance verticale de 0,50 *m* entre le barreau et la paroi inférieure du bouilleur, tandis que cette même distance au fond de la grille est de 0,57 *m*.

La quantité maximum de charbon brûlé par mètre carré de grille est de 50 *kg* et, le plus souvent, la quantité réellement brûlée n'est que de 40 à 45 *kg*.

En comptant sur le maximum de 50 *kg*, on ne brûle donc sur la plus grande grille que 170 *kg* ($3{,}40 \times 50 = 170$) de combustible brut à l'heure, ce qui correspond seulement à 0,66 *kg* de combustible brûle par mètre carré de chauffe de la chaudière. C'est là un chiffre extrêmement bas qui explique en partie les grands avantages que la raffinerie Say retire de la nouvelle installation.

Le combustible employé est un mélange de 50 à 60 0/0 de fines maigres et de 50 à 40 0/0 de fines grasses. La proportion du combustible maigre qui est le plus souvent de 60 0/0, a pu s'élever

jusqu'à 65 et même jusqu'à 70 0/0 ; elle dépend, bien entendu, de la dépense de vapeur nécessaire à l'usine.

La proportion de cendres contenues dans le mélange est, en moyenne, de 20 à 22 0/0 ; elle n'est quelquefois que de 18, mais elle peut s'élever jusqu'à 25 et au-dessus.

Les escarbilles que donne la grille, principalement au moment du décrassage, tombent dans une trémie, avec plan incliné, vers une porte établissant la communication avec la galerie souterraine placée sous le sol du chauffeur. Les grilles sont donc relativement fraîches, puisque les escarbilles, dès qu'elles tombent de la grille, s'en éloignent immédiatement ou tombent dans la trémie. Lorsqu'on veut enlever ces escarbilles, on ouvre la porte verticale, et de la trémie à fond incliné elles tombent dans une benne en tôle suspendue à un chemin de roulement, qui, à travers les galeries souterraines, les conduit à une petite usine, spécialement destinée à leur traitement.

D'autre part, le trop-plein des eaux qui servent à l'extinction des escarbilles s'écoule par la partie inférieure de la trémie dans un caniveau placé dans l'angle inférieur de la galerie souterraine. Celle-ci a 2 *m* de largeur avec une hauteur de 2,50 *m* dans le milieu de la voûte en plein cintre.

La petite usine dans laquelle on traite les escarbilles et mâchefers a un double but : 1° séparer des mâchefers et des cendres les parcelles encore combustibles qu'on utilise après mélange avec les combustibles ordinaires; 2° fournir un moyen de contrôle pour renseigner l'Ingénieur sur la bonne marche des foyers; c'est-à-dire sur les soins plus ou moins assidus dont ils sont l'objet de la part du chauffeur.

Une porte charretière fait communiquer directement avec la rue le local d'où sortent le mâchefer et les cendres, et la quantité journalière qui sort est relativement importante, en raison de la grande proportion de matières étrangères que contient le combustible brûlé.

CHAPITRE E

Fourneaux. — Cheminées.

Décrivons tout d'abord le fourneau de l'une des chaudières nouvelles de 254 *m*, étant rappelé que sauf les quelques différences plus haut signalées, le fourneau des chaudières de 237 *m* est identique.

Largeur du fourneau d'axe en axe mesurée sur les murs séparatifs de la batterie . . . . . 3,080 *m.*
Longueur totale, non compris les armatures. 7,60
L'avant du corps supérieur étant à. 0,95
et l'arrière à 1,25
Hauteur du fourneau au-dessus du sol de la chaufferie 5,24

Le cube du fourneau est donc de 123 m^3, non compris la galerie souterraine de décrassage et la galerie horizontale des fumées.

Le fourneau est à trois circulations horizontales. Dans la première, les flammes enveloppent entièrement les bouilleurs; dans la seconde, elles font retour en chauffant l'extérieur du corps de la chaudière, et enfin dans le troisième parcours, les gaz brûlés reviennent vers l'arrière en parcourant l'intérieur des tubes de 100 *mm* pour ensuite descendre verticalement à l'arrière afin de se rendre dans le collecteur des fumées.

Les deux bouilleurs de 900 de diamètre extérieur sont placés dans une enceinte qui a 2,20 *m* de largeur à la hauteur de la grille; 2,30 *m* de largeur sur la ligne horizontale du milieu du bouilleur, et à cette ligne commence une voûte en anse de panier qui a environ 0,68 *m* de hauteur au milieu, laissant entre elle et le bouilleur un vide minima de 0,13 *m*. La distance verticale entre l'autel et le bouilleur est de 0,35 *m*, et au delà la hauteur est de 0,45 *m*.

La section des flammes dans ce premier parcours, sans rien déduire pour les cuissards, est donc de 1,85 m^2, ce qui représente les 55/100 de la surface de la grille.

La voûte en anse de panier s'arrête à 0,70 *m* du mur existant en dessous et à l'arrière du corps tubulaire, de telle sorte que les flammes passent du premier parcours dans le second par une ouverture ayant 1,65 *m* de section, et elles arrivent ainsi dans la deuxième enceinte, laquelle a 2,50 *m* de largeur; quant à sa hauteur, elle résulte de ce que le blocage en briques du corps tubulaire s'élève à 0,44 *m* au-dessus de son axe.

La section des flammes dans le deuxième parcours est de 1,50 m^2, ce qui représente les 44/100 de la surface de la grille.

Le dernier parcours se fait par les 125 tubes de 100 *mm* de diamètre extérieur et un peu moins de 95 *mm* de diamètre intérieur, ce qui donne une section de 0,88 *m* représentant les 26/100 de la surface de la grille.

La section parcourue par les gaz brûlés va donc toujours en di-

minuant, au fur et à mesure que ces gaz en se refroidissant diminuent de volume.

La descente des fumées vers le collecteur s'opère par un conduit dont la plus grande largeur en haut de 2,30 *m* se réduit, vers le bas, à 1,60 *m*, au point où existe le registre à papillon à axe horizontal; ce conduit ayant dans l'autre sens 0,61 *m*, sa section est de 0,95 *m* un peu avant le registre, et celui-ci étant entièrement ouvert, la section libre est de 0,80 *m*, équivalent au 23/100 de la section de la grille.

Le collecteur horizontal des fumées, pour la batterie des 22 chaudières, a 2 *m* de diamètre avec une hauteur de 2,50 *m* sous voûte en plein cintre. La section est donc de 4,50 m^2; mais ce collecteur n'évacue que les fumées de 18 chaudières présentant ensemble une surface de grille de 58 m^2: la section du collecteur est donc les 8/100e de celle de la grille.

La cheminée dans laquelle se rendent les fumées de la grande batterie des 22 chaudières, ainsi que celle de la petite batterie des 5 chaudières, n'a que 2 *m* de diamètre à sa partie supérieure, soit une section minima de 3,14 m^2 pour environ 80 m^2 de surface de grille, ce qui représente 4/100e de cette dernière surface.

Les 19 chaudières forment deux batteries, l'une de 13 l'autre de 6 chaudières, et leurs collecteurs de fumée servent également à 22 chaudières anciennes diverses. Il est donc sans intérêt d'étudier leurs dimensions. Quant à la cheminée qui évacue les fumées de ces 41 chaudières ayant ensemble 115 m^2 de surface de grille, elle a à sa partie supérieure un diamètre de 2,50 *m* ce qui donne un secteur de 4,90 m^2 qui représente encore les 4/100e seulement de la surface de grille. — Le tirage cependant est excellent.

La description du fourneau montre que les sections y sont larges, non seulement pour que les vitesses du gaz soient convenables, mais aussi et surtout pour la facilité de la visite et du nettoyage des parties extérieures des bouilleurs et du corps de la chaudière.

Les briques que l'on a employées sont réfractaires pour les parois du premier parcours, et de qualité non réfractaire pour les autres parties. Mais elles ont été choisies avec le plus grand soin, de façon à obtenir des briques aussi peu poreuses que possible. A cet effet on avait imposé aux fournisseurs que, plongées dans l'eau le poids ne s'augmenterait pas au delà de certaines proportions, 100 *g* d'eau par brique, au maximum.

Cette précaution a été prise, et la façon des maçonneries a été

des plus soignées, afin de réduire au minimum les rentrées d'air froid, qui sont d'autant plus importantes que le tirage de la cheminée est plus actif et que les matériaux employés sont plus poreux.

Les murs vers la façade ont deux briques d'épaisseur et à l'arrière une brique et demie. Les murs séparatifs, ont 0,88 *m* d'épaisseur à la hauteur des grilles, et cette épaisseur est réduite à 0,58 *m* à la hauteur du corps tubulaire.

La voûte qui sépare les deux enceintes a 0,23 *m* d'épaisseur.

Il est bon de faire remarquer que le mur placé sous l'arrière du corps tubulaire et qui forme séparation entre la première enceinte, les bouilleurs et la descente des fumées, n'est pas un mur plein : il a été ménagé à l'intérieur de ce mur de 0,69 *m* d'épaisseur un vide de 23 *cm* pour diminuer l'importance de la déperdition de chaleur.

La partie supérieure du fourneau constitue une espèce de plancher avec hourdis en brique de 0,11 *m* supporté par un plancher métallique et surmonté d'un carrelage, le tout ensemble formant une épaisseur totale de 0,18 *m*, et entre cette épaisseur et le blocage en brique du coupe tubulaire il existe un vide, aussi bien pour diminuer la déperdition de chaleur que pour rendre plus facilement visitables, toutes les tôles extérieures de la partie supérieure du corps tubulaire sur laquelle existent les deux communications de vapeur avec le réservoir et le piétement en fonte de l'appareil Lelhullier-Pinel.

Les fourneaux, ou, pour mieux parler, les massifs des chaudières contiguës, sont très fortement *armaturés* dans les deux sens. Dans l'épaisseur de chaque mur séparatif il y a trois tirants perpendiculaires à la façade, qui réunissent entre eux deux montants verticaux en fonte fortement nervés, placés l'un sur la façade, l'autre sur l'arrière.

Dans le sens longitudinal du massif, il existe quatre paires de tirants qui correspondent à quatre paires de montants verticaux placés à chaque extrémité du massif. Les quatre tirants supérieurs sont à 0,22 *m* en contre-bas du dessus des massifs, et et les tirants inférieurs sont un peu en contre-bas du niveau du sol de la chaufferie. En plus de ces quatre paires de tirants, il en existe dans l'épaisseur des murs des façades.

Les *températures des gaz brûlés* sont relevées à la raffinerie Say, dans des conditions essentiellement favorables pour la surveillance de feux. Il y a, en effet, au pied de chaque cheminée un enregistreur Richard qui indique à chaque instant, quelle est la tempé-

rature de sortie des gaz brûlés au pied de la cheminée. Les courbes de l'enregistreur sont très sensiblement des lignes droites, un peu plus élevées la nuit que le jour, parce que la consommation de vapeur est un peu plus forte puisque les machines électriques marchent ; cela démontre la constance de la température qui ne varie que de 180 à 188°.

Si on rapproche cette température des gaz brûlés avec celle de l'eau chaude sous pression qui est de 170°, on arrive tout naturellement à cette conclusion qu'il est impossible de refroidir davantage les gaz brûlés; en effet, la différence de température à la sortie du corps tubulaire ne dépasse pas 20 à 25°, car la perte de chaleur entre le fourneau et la cheminée est bien faible.

Il importe de remarquer que, pour arriver à une différence de température aussi minime, on a eu soin de mettre la surface de chauffe du dernier parcours, en parois minces, les tubes ayant moins de 3 *mm* d'épaisseur.

Les *analyses des gaz brûlés* sont faites plusieurs fois par jour, avec l'appareil Orsat, mais on n'a pu trouver jusqu'ici un appareil automatique enregistreur de la proportion d'acide carbonique contenu. Cette proportion varie de 10,75 à 11,5 0/0. C'est un chiffre pratique élevé, car il comprend les rentrées d'air intempestives au moment du chargement des grilles. Il démontre, d'une part, que les grilles prennent une quantité d'air relativement peu élevée au-dessus de la quantité théoriquement nécessaire pour brûler le combustible, et, d'autre part, que les rentrées d'air par les parois des fourneaux sont bien peu importantes.

Ce dernier fait peut ainsi être expliqué : L'action de la cheminée doit se faire très peu sentir dans les enceintes chauffées, et cela en raison des faibles vitesses des gaz, et aussi en raison de la grande hauteur de la chaudière qui donne une colonne de gaz chaud dans laquelle il y a pour ainsi dire pression du gaz et non aspiration.

La valeur de l'*aspiration des cheminées* est mesurée en deux points, avant le registre dans le carneau et après le registre au pied même de la cheminée. Cette double mesure se fait par des appareils enregistreurs, et les courbes de tirage sont aussi sensiblement des lignes droites. Elles accusent 6 à 6 1/2 *mm* d'eau dans le carneau collecteur et 20 *mm* d'eau au pied même de la cheminée. Le registre est généralement ouvert au 2/10 seulement : il fait donc tomber le tirage de la cheminée de 20 *mm* à 6 *mm* d'eau. On au-

rait donc pu faire des cheminées moins hautes; elles ont 50 m. pour se mettre à l'abri des réclamations des voisins.

Par contre, on a une grande puissance d'aspiration en réserve, qui ne coûte rien pour ainsi dire et qui peut permettre à un moment donné de doubler et de tripler les feux en employant, non plus des poussiers, mais de la bonne houille, ce qui aurait pour résultat immédiat de doubler au moins la production de vapeur.

CHAPITRE F

Vapeur.

Nous avons vu que les grilles employées, les combustibles maigres brûlés et l'allure donnée à la marche conduisaient seulement à une proportion de 660 *g* de combustible brûlés à l'heure par mètre carré de surface de chauffe de la chaudière.

Les résultats industriels de quatre années de marche, au point de vue de la production de vapeur, varient pour les moyennes mensuelles de 7 *kg* à 7,20 *kg* de vapeur par kilo de combustible contenant en moyenne 20 à 22 0/0 de cendres. Il s'agit, ne l'oublions pas, de combustibles inférieurs, d'un prix très modique en raison précisément de leur difficulté d'emploi.

Cette consommation, pour une marche essentiellement pratique, correspond à près de 9 *kg* de vapeur par 1 *kg* de combustible pur, c'est-à-dire abstraction faite des cendres.

C'est là un résultat industriel fort remarquable.

Surface 254 *m* × 660 *g* = 168 *kg* par heure
Grille 3,40 *m* × 50 *kg* = 170 *kg* —

La consommation maxima du combustible est donc de 170 *kg* pour les chaudières de 254 *m*.

Or 170 × 7,10 = 1 207 *kg* de vapeur à l'heure, soit en chiffres ronds 1 200 *kg*,

Il va sans dire que lorsqu'on a employé un combustible meilleur, contenant seulement de 40 à 50 0/0 de menus maigres, ou bien lorsqu'on a ouvert un peu plus le registre, la production de vapeur à l'heure a été plus grande, et dans certaines périodes on a obtenu 1 300 *kg* de vapeur à l'heure et même davantage.

Douze ou treize cent kilogrammes de vapeur à l'heure ne correspondent qu'à 5 *kg* de vapeur par mètre carré de chauffe: c'est un chiffre qui n'a pour ainsi dire pas de précédent, car il

est admis généralement que les chaudières semi-tubulaires produisent 10 à 12 *kg* de vapeur par mètre carré.

Cette allure lente donnée aux chaudières de la raffinerie Say est l'un des points saillants qui les caractérise ; elle explique et justifie en grande partie les résultats économiques très importants qui sont industriellement obtenus.

S'il était besoin de faire produire à ces chaudières 10 *kg* par mètre carré, c'est-à-dire le double de la production habituelle, il suffirait d'employer de la bonne houille, de modifier peut-être un peu les grilles et d'ouvrir un peu plus le registre de la cheminée.

Étudions la chaudière au point de vue des surfaces d'évaporation, car c'est là encore un point qui correspond à de bonnes conditions de marche, tant au point de vue du dégagement de la vapeur qui se produit dans les bouilleurs qu'au point de vue de la proportion d'eau liquide contenue dans la vapeur et entraînée mécaniquement.

La vapeur qui se produit dans chacun des bouilleurs trouve son écoulement par trois cuissards d'environ 42 *cm* de diamètre intérieur. Sa section d'écoulement est donc de 0,415 *m* pour une surface de chauffe de 13 *m*, soit plus de 3/100 de cette dernière surface. C'est là un chiffre qui est de beaucoup supérieur à la proportion de surface de dégagement que présentent les chaudières à bouilleurs existantes. Dans le corps tubulaire, la surface d'évaporation est au moins de $1{,}70\ m \times 5{,}40 = 9{,}18\ m^2$ pour 254 m^2 de surface de chauffe, soit 3 à 4 0/0 de celle-ci, qui produit seulement de 12 à 1,300 *kg* de vapeur à l'heure.

Après son dégagement de la masse liquide, la vapeur traverse deux communications pour se rendre dans le réservoir supérieur de vapeur. Chacune a 550 *mm* de diamètre intérieur. Elles représentent donc ensemble 0,475 m^2 de section, rappelant que la capacité du réservoir de vapeur est de 5,5 m^3.

De là la vapeur se rend dans un collecteur de 750 *mm* de diamètre, lequel a des purges convenablement disposées avec retour d'eau dans les chaudières. Entre le réservoir ou ballon de vapeur et le collecteur, sont placés :

1° Sur le ballon la soupape de prise de vapeur de 160 *mm* de diamètre ;

2° A la suite le clapet réglementaire de retenue de vapeur ;

3° Le tuyau proprement dit de prise de vapeur en cuivre de 160 *mm* de diamètre intérieur, qui est contourné horizontalement

en col de cygne de 1,70 *m* de diamètre, afin de pouvoir subir impunément tous les mouvements de dilatation que lui imprime principalement le collecteur de vapeur sur lequel le tuyau vient se brancher;

4° Enfin contre la tubulure du collecteur est posé un deuxième clapet qui se ferme si la pression dans la chaudière venait, pour une cause anormale, à être inférieure à la pression du collecteur.

A la sortie des collecteurs placés sur les chaudières elles-mêmes, la vapeur est conduite par des tuyaux de diamètres appropriés, jusqu'à l'une ou l'autre des deux conduites maîtresses qui, nous l'avons vu, ont l'une 500 *mm* de diamètre intérieur pour les 19 chaudières à 7 *kg*; l'autre 600 *mm* pour les 49 autres chaudières à 6 *kg*.

Les ballons de vapeur et toutes les conduites de vapeur en général sont entourés d'une enveloppe calorifuge pour éviter dans la mesure du possible le refroidissement extérieur.

Les collecteurs de vapeur et les conduites maîtresses sont en tôle d'acier et elles possèdent de distance en distance des pièces de dilatation en cuivre rouge, dont le dessin est joint également à la présente note. Ces pièces sont indispensables surtout pour les conduites principales qui ont jusqu'à 150 *m* de longueur, sur lesquelles 100 *m* en ligne droite,

Sur ces conduites maîtresses, des purges sont ménagées en divers endroits, mais elles ne servent qu'au moment de la mise en service, le dimanche soir, au au moment d'un arrêt.

En marche normale, une seule purge placée à l'extrémité suffit parce que la conduite maîtresse a une pente discontinue vers le point de distribution de vapeur. Il est à remarquer que toutes les extractions d'eau de purge se font au moyen de pompes, car la raffinerie Say ne connaît pas d'extracteur automatique sur lequel on puisse absolument compter.

La proportion d'eau entraînée mécaniquement ou condensée est très faible. Pour s'en convaincre, il suffit de savoir que la pompe de purge à plongeur de 35 *mm* de diamètre, située à 200 *m* des chaudières, suffit à enlever toute l'eau entraînée ou condensée, et encore cette pompe ne fonctionne-t-elle que la moitié du temps.

Indiquons, en terminant ce chapitre, la vitesse que prend la vapeur dans ce circuit multiple.

Dans le tuyau de prise de vapeur, la vitesse est d'environ 5 *m* par seconde.

Dans le collecteur, elle est au maximum de 3 *m*.

Dans les conduites maîtresses, elle atteint 10 *m*. Mais n'oublions pas que pour de bonnes installations on admet jusqu'à 20 et 30 *m* par seconde.

CHAPITRE G

Vidange et Nettoyage.

La vidange de chaque chaudière se fait périodiquement en vertu d'un roulement fort simple. Chaque jour de semaine, une chaudière est mise hors de feu pour subir un nettoyage, et comme il faut environ trois jours pour faire la vidange et le nettoyage, il en résulte que, sur les 68 chaudières, 3 sont toujours arrêtées. On vide six chaudières par semaine, c'est-à-dire pour sept jours; il y a un jour de boni, pour faire face aux retards qui peuvent se produire dans les opérations à effectuer.

Ces opérations sont les suivantes : d'abord, le chauffeur laisse tomber le feu et ferme son registre ; au bout d'une heure ou deux, il ferme la prise de vapeur, et il fait l'évacuation de vapeur jusqu'à un demi-kilogramme environ de pression, au moyen d'un tuyau de 40 *mm* qui est branché sur la tubulure de vapeur entre le gros ballon et la vanne de prise. Cette vapeur est envoyée dans le récipient à la sortie des machines motrices, où l'on vient puiser pour les différents chauffages.

Au bout de dix à douze heures, le chauffeur vide l'eau chaude restant dans la chaudière. A cet effet, il adapte contre les deux tubulures extérieures des tuyaux d'alimentation devant le bouilleur, deux tuyaux qui établissent la communication avec deux conduits verticaux qui partent du sol de chauffe pour aller se brancher sur une conduite générale de vidange (150 *mm* de diamètre), qui se trouve dans la galerie souterraine des escarbilles et des mâchefers. L'eau chaude se vide pour ainsi dire complètement, même quand la pression est entièrement tombée, puisqu'il s'établit un siphonnage en raison de la position basse de ladite conduite de vidange.

Les trous d'homme sont ensuite ouverts; on ouvre aussi et progressivement le registre, pour opérer le refroidissement lent de la chaudière et des carneaux du fourneau. Toutes ces opérations demandent, en général, vingt-quatre heures.

D'après l'organisation de l'usine, chaque chaudière marche en-

viron onze semaines, et on extrait de la chaudière environ quinze à vingt litres de dépôts, boues et résidus.

Une grande partie des dépôts calcaires s'amasse en marche dans deux corbeilles en tôle placées à l'aplomb de chacun des premiers cuissards des bouilleurs. Ces corbeilles ont un fond cylindrique concentrique à la face inférieure des bouilleurs, mais réservant un vide semi-annulaire de 12 *cm*. Les corbeilles, supportées par deux chaises posant sur le fond, ont 0,55 *m* de largeur et 0,80 *m* de longueur.

L'usine ne fait emploi d'aucun tartrifuge ; il ne serait, d'ailleurs, d'aucune utilité, en raison de la pureté, relativement très grande, des eaux d'alimentation que nous avons, plus haut, fait connaître.

CHAPITRE H

Exploitation et Résultats économiques.

Nous avons fait connaître dans plusieurs des précédents chapitres, et notamment quand nous avons parlé des appareils de sûreté, du nettoyage et de la vidange, les conditions dans lesquelles se fait l'exploitation pour assurer les différents services. Nous avons donné la nomenclature de tous les appareils enregistreurs fournissant à l'Ingénieur-Directeur des indications précises et de tous les instants, au sujet de la pression de la vapeur, de la température des gaz brulés et de la dépression au bas des cheminées. Enfin rappelons aussi que, plusieurs fois par jour, sont faites les analyses des gaz brûlés, au point de vue de leur teneur en acide carbonique.

Voici quelques explications complémentaires sur l'exploitation.

Chaque chauffeur conduit deux feux : il les décrasse deux fois par poste de douze heures, à l'aide de la grille mécanique Wackernie qui n'est manœuvrée que pour les opérations du décrassage. Le chauffeur pousse les cendres et mâchefers dans le dessous du foyer et n'a plus à s'en occuper. Le combustible lui est également apporté à pied d'œuvre, de sorte qu'il n'a pas besoin de quitter son poste, ayant sous la main un robinet d'alimentation et, à la portée de sa vue, les manomètres et les tubes de niveau d'eau.

Voici la composition du personnel pour les deux postes comprenant vingt-quatre heures par jour :

64 chauffeurs, moitié de jour, moitié de nuit.
1 basculeur, chargé de la réception et du pesage des combustibles.
1 charbonnier.
2 balayeurs.
4 hommes formant l'équipe de visite et de nettoyage.
1 surveillant de l'atelier des escarbilles..
2 hommes dans les galeries souterraines des mâchefers.
2 machinistes pour l'alimentation, 1 de jour et 1 de nuit.
2 (un mécanicien et son aide) pour la visite des appareils des chaudières à l'arrêt, pour les petites réparations, la réfection des joints, etc.
4 chefs chauffeurs, 2 de jour, 2 de nuit.

TOTAL 83 hommes, sur lesquels la moitié des chauffeurs et des machinistes de l'alimentation sont seulement de service la nuit. Les autres équipes ne travaillent que de jour.

Tout ce personnel se trouve placé sous la direction immédiate d'un chef de service spécial aux chaudières et aux machines à vapeur, lequel chef de service est placé sous les ordres du Directeur du matériel.

Depuis l'origine de la nouvelle installation, il n'est arrivé, à l'usine de production de vapeur, aucun accident ayant nécessité une grosse réparation. — L'équipe de deux hommes, chargée du petit entretien, a toujours suffi.

Les feux sont arrêtés une seule fois par semaine, pendant douze heures, dans la journée du dimanche.

Le chauffeur a aussi l'obligation de purger au moins deux fois par poste les tubes en verre des niveaux et de brosser le faisceau tubulaire une fois par poste. Ces opérations sont réglées par une pancarte placée sur chaque chaudière, afin de les espacer convenablement entre elles.

Une équipe spéciale de quatre hommes est chargée de la visite et du nettoyage de toutes les parois métalliques, intérieures et extérieures. — A cet effet, une chaudière est arrêtée, chaque jour de la semaine (dimanche excepté), de sorte que, au bout de onze semaines, l'équipe spéciale est revenue à son point de départ pour continuer par la chaudière suivante et ainsi de suite.

Une autre équipe de trois hommes s'occupe des cendres, mâ-

chefers et escarbilles ; l'un d'entre eux ne quitte pas la petite usine de séparation des escarbilles.

Les tombereaux apportant le combustible passent sur un pont-bascule et vont se décharger devant chaque feu. Il n'est besoin que d'un seul charbonnier pour aider au déchargement des tombereaux.

Les divers services de la fabrication n'ont pas subi une seule heure d'arrêt depuis trois ans, du fait de la production de vapeur. C'est là un résultat des plus remarquables et des plus importants.

Résultats économiques.

Dans les trois années qui ont précédé l'installation que nous venons de décrire, le coût moyen en combustible a été de 3,15 *f* par tonne de vapeur.

Ce même coût n'a été que de 2,25 *f* de 1889 à 1892, et cependant il y a eu, dans cette période, la hausse importante qui a été la conséquence des dernières grèves dans les mines de charbon. Les deux chiffres de 3,15 *f* et 2,25 *f* sont accusés par les livres de comptabilité de la raffinerie.

L'économie de 30 0/0, dépasse donc en réalité 40 0/0 en tenant compte des prix différents du charbon dans les deux périodes comparées.

Avant l'installation, la dépense moyenne pour les réparations et le gros entretien a été de 50 000 *f* par an ; cette dépense a absolument disparu ; elle figure aujourd'hui pour zéro, et cependant l'installation nouvelle a comporté le réemploi de 27 chaudières anciennes.

Il y a également économie dans la main-d'œuvre, mais elle est faible.

Voilà trois chefs d'économie qui forment un chiffre annuel important.

Mais il faut y ajouter ces autres avantages de premier ordre :

La *sécurité* est assurée aussi complètement qu'il est humainement possible de le faire.

La *puissance de vaporisation* peut être augmentée du tiers et même de moitié sans rien changer et au bout de quelques heures, et sans augmenter le personnel d'un seul homme.

Le *fonctionnement de la raffinerie*, la *marche de la fabrication*, sont à l'abri de tout arrêt provenant de la production de vapeur.

La dépense totale a été de deux millions et demi de francs, en comptant les 27 chaudières anciennes au prix actuel, mais non compris la valeur du terrain.

On compte qu'une chaudière en acier de 254 *m* de surface a coûté 30 000 *f* à 31 000 *f*, y compris ses accessoires, sa tuyauterie spéciale et son fourneau.

Cette magnifique installation fait le plus grand honneur à notre collègue, M. Letort, directeur du matériel, qui en a déterminé tous les détails, qui a présidé à son exécution et qui en assure l'exploitation; le tout sous l'intelligente initiative et la haute direction de M. Cronier, Ingénieur en chef des ponts et chaussées, administrateur délégué de la Société de la raffinerie Say.

Qu'il nous soit permis, en terminant cette monographie, de faire remarquer qu'elle contient les principales indications des deux notes que nous avons présentées à la Société, l'une en 1884 sur l'emploi de l'acier dans les constructions navales civiles et mécaniques, et l'autre en 1888 sur les accidents aux tôles des chaudières à vapeur.

Nous ne pouvons nous défendre d'être heureux que la pratique soit venue sanctionner les mesures que nous avons conseillées et les dispositions que nous avons préconisées devant la Société des Ingénieurs civils de France.

NOTE

SUR LA PRODUCTION DE VAPEUR [1]

DES CHAUDIÈRES DES LOCOMOTIVES

De M. BELPAIRE

ADMINISTRATEUR DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT BELGE

PAR

M. A. LENCAUCHEZ

Locomotives construites pour le compte de l'Administration des Chemins de fer de l'État belge

A. — *1° Locomotive express à six roues couplées pour la ligne à fortes rampes du Luxembourg construite par la Société de Haine-Saint-Pierre (type 6). (Pl. 65, fig. 1).*

La ligne du Luxembourg (Bruxelles-Arlon) est parcourue journellement dans chaque sens par deux trains internationaux rapides dits *malles* : cette ligne offre une suite de pentes et rampes de 0,016 *m* dont les plus longues, celles de Namur à Courrière et Jemelle à Libramont, atteignent respectivement 15 et 32 *km* : l'établissement de ladite ligne, qui présente maintes courbes de rayon moyen, ne comporte pas de vitesse supérieure à 75 *km* à l'heure.

Les trains express qui la parcourent comprennent l'été des charges normales de 110 *t*.

En créant le type 6, le but de l'Administration des Chemins de fer de l'État belge a été de construire une machine qui pût enlever cette charge de 110 *t* à la vitesse moyenne de 60 *km* en rampe de 0,016 *m*, sans toutefois dépasser le maximum de 75 *km* en aucun point du parcours.

(1) Cette note sur les locomotives de l'État belge est considérée par nous comme un exemple de la puissance maxima de vaporisation à laquelle on peut arriver en bonne pratique industrielle. (A. L.)

Ce travail devait se faire dans des conditions de marche normales, de façon à atteindre le sommet des rampes sans que la pression ni le niveau de l'eau ne baissassent dans la chaudière.

Une telle charge, complétée par le poids présumé de la machine et du tender (80 *t* en ordre moyen de marche), nécessite pour être véhiculée dans les conditions susdites un effort tangentiel à la roue motrice de 5 000 *kg* environ. D'où nécessité de faire usage d'une machine à six roues couplées pour obtenir l'adhérence suffisante en tout temps ; on a choisi le diamètre de 1,70 *m* pour les roues motrices parce que, avec ce diamètre, la vitesse de 65 *km* à laquelle ledit moteur doit rouler normalement, correspond à 200 révolutions de la machine par minute et à une vitesse de 4 *m* du piston, chiffres considérés comme très acceptables dans une locomotive.

Avec des cylindres de 0,50 *m* de diamètre et de 0,60 *m* de course et une pression de 10 *atm* dans la chaudière (ces dimensions et timbres sont ceux de ladite locomotive), l'effort de traction de 5 500 *kg* correspond à une admission de 50 0/0 de la course et à une consommation de 1,15 *kg* de vapeur par révolution, soit de $1{,}15 \times \left(\frac{60\,000}{310 \times 170 \times 60}\right) \times 60 = 13\,093$ ou 13 000 *l* d'eau à l'heure en chiffres ronds.

Il résulte de nombreuses expériences faites sur ces locomotives, que l'on peut brûler en moyenne, par mètre carré de grille et par heure, 260 à 280 *kg* de charbon demi-gras vaporisant 8 *kg* d'eau. Des essais de vaporisation, faits sur des machines à marchandises à grand foyer dont les chaudières sont voisines, comme dimensions de grille et de surface de chauffe, de celle du type 6, ont donné 94 *kg* de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et par heure. Par assimilation, le type 6 devrait avoir, pour atteindre son but : surface de grille, $\frac{13\,000}{275 \times 8} = 5{,}90\,m^2$; surface de chauffe, $\frac{13\,000}{94}$, soit 138 m^2 ; or, la grille mesure 5,83 *m* et la surface de chauffe totale est sensiblement supérieure à celle indiquée.

Lors des essais qui ont été faits avec la première locomotive construite, celle-ci a réalisé très aisément le programme qui lui était tracé.

Comme particularités de construction du mécanisme, signalons la disposition des coussinets de l'essieu d'avant qui se déplacent dans la boîte, de manière à permettre à l'essieu de prendre une position oblique dans le plan vertical, sans forcer les guides des

boîtes. Signalons encore le longeron intérieur, qui n'agit plus comme guide, mais bien comme une bielle articulée à l'arrière des cylindres. Notons aussi le dispositif qui répartit proportionnellement la charge sur l'essieu coudé.

Les cylindres sont intérieurs aux longerons et placés entre l'essieu porteur et l'essieu couplé d'avant.

La machine est à trois longerons ; les roues sont intérieures au châssis. Les ressorts de suspension sont à forme renversée, de 1,50 *m* de long ; des balanciers accouplent les ressorts des essieux d'arrière et d'avant.

La grille déborde au-dessus des roues couplées d'arrière.

Le foyer est tout entier en cuivre.

La cheminée est à section rectangulaire et la boîte à fumée, dont elle forme en quelque sorte le prolongement, est de grande capacité, de façon à mieux régulariser le tirage ; dans cette grande capacité, la vapeur de décharge se mélange intimement avec les produits de la combustion, leur communique sa puissance vive et facilite leur évacuation.

Cette machine a le frein Westinghouse sur les six roues couplées.

Un tender de 14 000 *l* y est accouplé.

B. — *2° Locomotive express pour lignes de niveau construite par la Société Cockerill à Seraing (Pl. 65, fig. 2).*

Cette locomotive a été construite dans le but de remorquer une charge de 150 *t* à la vitesse de 90 *km* à l'heure, sur une rampe de 0,005 *m* ayant une longueur d'au moins 5 *km*, sans que la pression et le niveau de l'eau baissent dans la chaudière.

Ces conditions exigent un effort de traction tangentiel de 3 800 *kg* en comptant, comme pour le type 6, sur un poids de 80 *t* en ordre moyen de marche, pour la locomotive et le tender, ce qui a conduit à une machine à quatre roues couplées du diamètre de 2,10 *m* correspondant pour la vitesse de 90 *km*, à 225 tours environ.

Les dimensions de la grille et la surface de chauffe ont été établies sur les bases indiquées ci-dessus, de manière à donner une vaporisation de 15 500 *kg* d'eau par heure, vaporisation théorique nécessaire pour effectuer le travail indiqué au programme.

Dans cette machine, comme dans le type 6, on s'est imposé la condition de ne pas dépasser 50 0/0 d'admission.

Au cours des essais, la locomotive a remorqué sur le profil in-

diqué et à la vitesse de 93 *km* (1) à l'heure la charge imposée de 150 *t*, sans chute de pression dans la chaudière et avec niveau d'eau constant.

Mêmes remarques quant au mécanisme que pour la locomotive *type 6*.

C. — *3° Locomotive à marchandises pour lignes à fortes rampes, construite par la Société Marcinelle et Couillet (type 25). (Pl. 65, fig. 3).*

Cette locomotive, destinée aux lignes du Luxembourg, dont nous avons parlé à propos du *type 6*, est établie en vue de remorquer sur rampe continue de 0,016 *m*, à la vitesse de 30 *km* à l'heure, une charge de 230 *t*, sans chute de pression ni abaissement du niveau de l'eau dans la chaudière.

Cette machine, en service depuis 1885, satisfait largement au programme qui lui a été imposé.

Marchant à la vitesse de 30 *km* sur rampe de 16 et remorquant 230 *t* de charge, elle a vaporisé 11 340 *kg* d'eau par heure, soit 94 *kg* par mètre carré de surface de chauffe et par heure, ou environ 190 *l* d'eau par minute.

La distribution de vapeur est du système Walschaert; l'appareil de changement de marche est à vapeur; il est complété par un levier à main et un secteur à crans.

Les tiges du tiroir et du piston sont guidées par leurs boîtes à bourrage et par des glissières supérieures, s'écartant ainsi du mode de guidonnage généralement adopté et qui consiste dans l'emploi de deux doubles glissières latérales.

Ici encore, les ressorts sont du type à forme renversée; leur longueur est de 1,50 *m*; 23 lames d'acier étagées, de 100 × 10 les constituent. Entre les ressorts des roues motrices et des roues couplées d'avant, on a placé des balanciers; on en a placé encore entre les deux ressorts de la roue d'arrière, de manière à faire reposer la machine en trois points. Cette suspension donne d'excellents résultats. Le ressort intérieur est formé de six feuilles d'acier en retrait de 100 × 8 et de 780 de long.

Le foyer mesure 2,71 *m* en longueur sur 1,768 *m* en largeur. Il

(1) D'où : $$\frac{3\,800\ kg \times \frac{93\,000\ m}{3\,600''}}{75\ kg} = 1\,317\ ch.$$

Il n'est pas possible de loger une plus grande puissance dans un volume aussi restreint. (A. L.)

déborde au-dessus des roues. Sa section affecte la forme sensiblement trapézoïdale. Il est entièrement en cuivre rouge. Le corps cylindrique et l'enveloppe extérieure du foyer sont en tôle de fer de 0,014 *m* d'épaisseur et les tubes sont en laiton.

Sur le foyer sont installées des soupapes Wilson; sur le corps cylindrique, à côté du dôme, une sablière déverse le sable sous les roues motrices.

La locomotive est pourvue de l'appareil de frein à contre-vapeur Le Chatellier; des graisseurs lubrifient les tiroirs et les cylindres séparément.

Le tender, qui est accouplé à cette machine, est soustrait aux efforts de traction sur le train; la locomotive est directement rattachée à celui-ci par l'intermédiaire d'une longue barre passant sous le tender et à laquelle s'accroche le véhicule de tête. Le tender, de son côté, est attaché à la machine par une barre courte reliant sa traverse d'avant à la traverse d'arrière de la locomotive.

E. — 4° Locomotive-tender à voyageurs pour trains légers sur les lignes à fortes rampes (pl. 65, fig. 4).

Des machines de ce type ont été construites par la Société Saint-Léonard et par la Société de la Meuse.

Elles ont été étudiées en vue de pouvoir remorquer, sur les lignes à rampes de 16 *mm*, une charge de 110 *t* à la vitesse moyenne de 30 *km* à l'heure.

Ces machines sont à six roues couplées de 1,20 *m* et à cylindres extérieurs.

En résumé, avec les houilles (poussiers et menus) ci-dessous spécifiées, les locomotives types 6, 12 et 25 doivent vaporiser au minimum 7,5 *l* d'eau par kilogramme; elles doivent supporter sur la grille, sans entraînement par les tubes, un tirage minimum de 85 *mm* d'eau.

ANALYSES DES TROIS ÉCHANTILLONS DE CHARBONS DE PROVENANCES DIVERSES, LES PLUS EMPLOYÉS.

	Eau.	Cendres.	Carbone solide.	Matières volatiles.
	—	—	—	—
I.	2,20	12,95	71,75	13,10
II.	1,05	17,00	69,40	12,55
III	0,75	12,95	73,95	12,35

Production maxima de vapeur par heure et par mètre carré, moyenne 94 *k*.

Combustion maxima par heure et par mètre carré de surface de grille (en charbon demi-gros) 280 *kg*.

Certaines locomotives de l'État belge ont des foyers d'une surface de grille de 5,74 m^2 et peuvent brûler par heure (maximum) 1 500 *kg* des charbons ci-dessus.

D'où il suit que la production peut être évaluée à 1 500 *kg* $\times$ 8 *kg* = 12 000 *kg* par heure.

N. B. — La production maxima trouvée dans les essais a été par heure : de 13000 *kg* pour les locomotives, figure 1 dites *type 6;* et de 15 500 *kg* pour les locomotives, figure 2 dites *type 12*. Soit une vaporisation par mètre carré moyen et par heure, de $\frac{15\,500\ kg}{125\ m^2} = 124\ kg$.

NOTES

DE

NOS CORRESPONDANTS DE PROVINCE ET DE L'ÉTRANGER

LA QUESTION DES PASSAGES A NIVEAU

PAR

M. H. WOODS

MEMBRE CORRESPONDANT DE LA SOCIÉTÉ A BOSTON

Boston, Mass., le 2 juin 1892.

La question des « Passages à niveau » est à l'ordre du jour ici en ce moment, tant dans le Massachusetts que dans Rhode-Island et les autres Etats de la Nouvelle-Angleterre.

Ce n'est que depuis très peu d'années que la Législature est intervenue pour régler la traversée des rues et chemins par les chemins de fer. Lors de la construction de ces derniers, les différentes Compagnies ne s'occupaient que des moyens les plus économiques et les plus expéditifs pour effectuer le trajet entre les différentes localités. Si le relief naturel du sol se prêtait bien à l'exécution des travaux, on ne faisait aucune attention aux routes et chemins, et l'on prenait simplement la précaution d'établir entre les rails, près des passages à niveau, quelques mètres de pierres concassées ou de solins taillés en biseau, pour empêcher le bétail de se détourner sur la voie ferrée. Là où la route n'était pas au niveau de la voie ferrée, on l'élevait ou on l'abaissait suivant le cas.

En 1888, la législature de Massachusetts nomma une Commission de trois Ingénieurs civils pour étudier la question de la suppression des passages à niveau existants, et en même temps mit des restrictions à l'établissement de nouvelles traversées semblables. Dans leur rapport fait la même année, ces Ingénieurs constatent avoir trouvé dans le Massachustets 3015 traversées,

dont 470 où le chemin de fer passe sous la route, 278 où il passe par dessus, et 2 267 passages à niveau, dont un tiers seulement sont protégés par des barrières ou cloches d'avertissement. Sur beaucoup de chemins de fer, ces passages se répètent tous les 1 000 à 1 600 *m* en moyenne. De 1879 à 1889, 75 des anciens passages furent supprimés; mais, pendant la même époque, bien d'autres furent établis, dont 94 sur un seul chemin de fer ayant seulement 165 *km* de développement.

Après une étude complète de la question, la Commission présenta une série de projets pour la suppression à peu près complète de ces passages, avec un devis estimatif de la dépense nécessaire pour arriver à ces solutions, dépense s'élevant, avec les dommages et expropriations, au chiffre de 210 millions de francs. Ces dépenses devaient être supportées : en partie par les Compagnies, en partie par les localités, et, en certains cas, par l'État, dans des proportions qui seraient déterminées, en chaque circonstance, par une Commission spéciale.

Les solutions proposées par cette Commission ne pouvaient être définitives, leur étude ne permettant pas d'entrer dans tous les détails et les circonstances particulières. Aussi, depuis, plusieurs villes ont-elles institué des Commissions spéciales pour l'étude des questions locales.

La Compagnie du *Boston and Albany*, une des plus riches, qui traverse tout l'Etat de l'est à l'ouest, a déjà établi, depuis trois ans, un grand nombre de ponts pour reporter les chaussées pardessus la voie ferrée. Généralement, ce sont des ponts en acier sur culées en granit, les rampes de la route étant souvent maintenues par des murs de soutènement, également en granit taillé. Le tablier de ces ponts est établi sur la membrure inférieure des poutres en lattis qui s'élèvent de chaque côté de la route, les trottoirs étant établis en porte-à-faux en dehors du treillis. Le tablier est, en général, recouvert de bois ; mais, récemment, un constructeur de ponts, de Boston, a établi plusieurs tabliers formés de tôles placées en V contiguës entre les solives ; sur ces tôles on établit un remplissage en béton formé de pierres concassées et de goudron de gaz bien tassé, qui devient imperméable à l'eau, préserve le métal et permet de faire le pavage ou macadam de la route, ou le balastage de la voie ferrée comme sur un terre-plein. Ceci est une innovation dans ce pays et est coûteux d'établissement, comparativement à ce qui se fait d'habitude ; mais la protection du métal sur la face supérieure, qui ne peut

être vérifiée qu'en enlevant les matériaux de la voie, et la facilité de visiter toutes les parties exposées aux intempéries et à l'usure, tendront avant peu à mettre ce système en faveur. La maison « Boston-Bridge Works », qui a inauguré ici ce mode de tablier, vient d'installer à Worcester, pour la Compagnie « New-York, Boston et Providence », un pont à simple voie ferrées ayant les plus grandes poutres dans ces parages. Le pont est formé de deux poutres ayant 2,75 *m* de haut, 29 *m* de longueur, et pesant chacune 26 260 *kg* ; ces poutres ont été expédiées de l'usine à Cambridge, d'une seule pièce, sur trois wagons plats sur lesquels elles étaient posées debout, étant trop larges pour être posées à plat. Le tablier de ce pont mesure 5,25 *m* de large et est établi. Avec des tôles en V et A, recouvertes de béton (et d'asphalte), sur une profondeur maxima de 45 *cm*. A Providence F.-I., un tablier de chemin de fer mesurant 15 *m* sur 90 *m* vient d'être construit de la même façon.

Pour en revenir aux passages à niveau, la Compagnie « Boston and Albany » a près de 8 *km*, avec quatre voies, traversant la ville de Newton, où se trouvent 9 passages à niveau des rues, en pleine ville. La même Compagnie a, de l'autre côté de la ville, à 8 9 *km* de double voie présentant dix passages à niveau. Depuis l'été dernier, la Compagnie fait des études pour supprimer les neuf passages à quatre voies, et tout dernièrement elle a présenté à la municipalité un projet de transformation de la voie ; dans ce projet, toutes les rues passeront sous le chemin de fer, avec un espace libre au-dessus de la chaussée d'au moins 4,30 *m*. Ce projet nécessitera, en certains cas, un abaissement de la chaussée de 2,50 *m*. Ici, le cas se complique de ce que, en plusieurs endroits, la voie du chemin de fer et la principale rue de la ville se prolongent parallèlement, à peu de distance l'une de l'autre, sur plus d'un kilomètre, et tout changement de niveau aux traversées nécessite de longues rampes d'accès parallèles au chemin de fer. Les passages proposés seront effectués par des ponts en acier avec culées en granit, mais la question n'est pas encore résolue en ce qui concerne l'espace entre ces passages. La Compagnie veut, naturellement, faire un simple remblai, ce qui est le moins dispendieux, tandis que la municipalité préférerait qu'il y eût, des deux côtés, des murs de soutènement en granit. Dans tous les cas, la dépense dépassera plusieurs millions, et l'on dit que la Compagnie est prête à en supporter 60 0/0, à condition que la ville accepte ses conditions. La ville avait présenté l'année dernière

un projet comportant l'abaissement du chemin de fer dans une tranchée dans toute la traversée de la ville, mais il se présentait des questions de drainage dans lesquelles la Compagnie se refusait à intervenir. En tout cas, il est probable qu'avant peu il y aura une entente entre la ville et la Compagnie, et les travaux seront mis à exécution. Il y a eu, dans ces derniers temps, plusieurs accidents, et mort d'homme sur certains de ces passages, de telle sorte que la Compagnie est obligée de maintenir deux gardes-barrières à chaque passage, ce qui la pousse à céder le plus possible aux désirs des citoyens de Newton.

La ville de Worcester, au milieu de l'État, a, dernièrement, nommé une Commission qui vient de faire son rapport sur la même question. Worcester est une ville de 85 000 habitants, très commerçante, ayant une grande variété d'industries et de fabriques, Cinq Compagnies différentes de chemins de fer traversent la ville et y ont 39 passages à niveau. Toutes ces Compagnies aboutissent à une gare centrale d'où les différentes voies se bifurquent en traversant plusieurs places ou plusieurs rues se coupant, ce qui augmente les dangers, car les maisons sont proches de la voie et obstruent la vue des trains. La Commission de 1888 estimait la dépense à quatre millions pour supprimer seulement 16 des 39 traversées les plus importantes. La dernière Commission, qui comptait l'Ingénieur de la ville parmi ses membres, après avoir entendu toutes les réclamations et propositions faites par les différentes parties, a fait une étude séparée, d'un côté pour élever toutes les rues au-dessus de la voie, et d'un autre côte pour élever toutes les voies au-dessus des rues. Ici, la question se complique de questions d'égouts qui devront être reconstruits dans certaines localités. D'après l'estimation de la Commission, la dépense pour élever les rues au-dessus des voies se monte à près de 25 millions de francs. Pour élever partout les voies au-dessus des rues, il faudrait dépenser 10 millions. Finalement, la Commission, après une étude spéciale de chaque rue et en tenant compte des intérêts de tout le monde, recommande de relever la plupart des voies, ensemble ou séparément, avec une dépense totale de 11 millions ; elle recommande aussi l'installation, partout où cela est possible, de ponts en maçonnerie, comme étant moins coûteux d'entretien et occasionnant moins de bruit lors du passage des trains.

A Boston il y avait, en 1888, 66 passages à niveau. Depuis lors, quelques-uns ont été supprimés et plusieurs autres sont à l'étude.

Les projets sont un peu en suspens, en attendant qu'intervienne une décision sur la question de faire certains remaniements dans les grandes gares. Telles qu'elles sont situées à présent, trois des lignes qui partent du Nord de la ville, côte à côte pour ainsi dire, s'entre-croisent à niveau à moins de 2 *km* et même traversent une quatrième voie. Il en est de même de deux des lignes du Sud de la ville. Cela entrave beaucoup le transit, car chaque train doit s'arrêter avant de traverser une autre voie. La question des transports dans la ville même est en ce moment à l'étude, et sa solution pourra aider beaucoup à celle de la suppression de tous les passages à niveau, soit des voies ferrées entre elles, soit avec les rues. Le rapport de la Commission du « Transit Rapid », en date du 5 avril, vient d'être publié. La question que la Législature lui a posée était de chercher une solution aussi complète que possible pour obvier à l'encombrement actuel des rues du centre de la ville, et pour faciliter le transport rapide aux alentours, des milliers de personnes que leurs travaux journaliers concentrent dans la portion commerçante par excellence de la ville. Boston, sous certains rapports, est favorisée peut-être plus qu'aucune autre ville ; huit Compagnies de chemins de fer ont leur tête de ligne en ville, à moins de 800 *m* de distance de l'hôtel de ville, et de là rayonnent dans tous les sens (sauf du côté de la mer), dans un pays couvert de villes et villages où les terrains sont à bon marché et faciles d'accès. Cependant, la configuration de la ville basse est telle, que tous les grands magasins de nouveautés, les détaillants et le commerce en gros se trouvent concentrés sur un espace de 1 600 *m* × 200 *m* ayant un pourtour d'à peine 3 *km* et traversé en longueur seulement par deux rues continues : c'est là que tout le monde veut aller et que chacun a l'habitude d'arriver par tramway. Depuis l'introduction des wagons électriques, le nombre en étant augmenté, la rue est constamment encombrée par ces wagons, par les voitures, les fourgons, etc., et la circulation devient de plus en plus difficile. D'après les recensements de 1891, les chemins de fer transportent environ 51 millions de voyageurs par an, les tramways électriques et autres 115 millions, la plupart devant être servis matin et soir, formant des courants rayonnants de la ville. Dans son étude, la Commission a considéré le territoire compris dans un rayon de 16 *km* de l'hôtel de ville, qui comprend une population d'environ 850 000.

Le chiffre des expropriations atteint une somme si énorme, aux environs des deux principales rues, que la Commission n'a pas

cru devoir indiquer de nouvelles percées, soit pour un Métropolitain, soit pour une rue dans cette localité ; mais elle recommande d'élargir et de rectifier certaines autres rues, afin de détourner tout le trafic en transit par des voies plus directes, et d'établir une voie de Métropolitain contournant le centre de commerce, passant par des rues existantes ou à percer, et dans une certaine portion, par un tunnel. Elle recommande en même temps l'établissement de branchements rayonnants entre les territoires desservis par les chemins de fer, ainsi qu'un remaniement des voies et gares des chemins de fer, afin de supprimer tous les croisements et de les faire arriver en gare au second étage. Pour les quatre Compagnies du côté Nord, la Commission propose une gare de 135×300 *m* ayant 24 voies et la substitution d'un seul pont fixe ayant 12 voies, aux quatre ponts tournants, construits sur pilotis, qui servent en ce moment, les arches du pont fixe étant assez relevées pour le passage de toueurs à vapeur et de pontons de décharge. Pour les quatre Compagnies du côté Sud, elle préconise un changement de gares et la construction d'une nouvelle gare à deux étages pour différentes Compagnies. En même temps, elle recommande l'établissement aussi rapide que possible de 4 voies par chaque Compagnie, afin de pouvoir expédier des trains locaux fréquents, sans gêner le service des express.

En fait de Métropolitain, elle est d'avis de faire environ 21 *km* de doubles voies, avec fréquents aiguillages sur une voie intermédiaire, afin de permettre le passage facile d'un train d'une voie sur l'autre pour changer de direction sans traverser la voie, au moyen de locomotives additionnelles.

Les travaux d'élargissement de rues et de nouvelles percées sont estimés à 38 millions de francs (depuis 1822 la ville a dépensé 180 millions pour de semblables travaux, incomplets et sans ordre). Le Métropolitain est estimé, avec matériel complet, à 56 millions, et l'on compte qu'il pourrait transporter, très peu de temps après son achèvement, 100 000 voyageurs par jour.

Telles sont, en définitive, les questions qui se discutent en ce moment ici.

H.-D. Woods,

Membre correspondant de la Société, à Boston (Massachusetts).

LE TRAMWAY ÉLECTRIQUE DE MARSEILLE

PAR

M. STAPFER

MEMBRE CORRESPONDANT DE LA SOCIÉTÉ A MARSEILLE

Marseille, 29 juin 1892.

Le tramway électrique, établi à Marseille pour desservir la banlieue dans la direction et sur le tracé de la route d'Aix, fonctionne depuis un mois avec grand succès.

Les accidents sont très rares, et les recettes couvrent, dit-on, quatre fois les dépenses.

La ligne part de la Cannebière, remonte la rue d'Aix qui a une pente de 6 à 7 0/0 et va jusqu'à Saint-Louis, point terminus de l'octroi, où se trouvent des usines importantes (raffineries, hauts fourneaux, huileries).

La ligne a une longueur de 6 *km* et la différence de niveau entre les points extrêmes est de 60 *m* environ, soit 1 0/0 de pente moyenne.

La voie est double sur la plus grande partie du parcours; l'usine qui produit le courant et qui contient trois dynamos de 100 *chx*, actionnées par des moteurs directs à 300 tours, fournit un courant de 100 volts au tiers du parcours, au moyen d'un câble en fer zingué, aérien latéral, et de deux fils de cuivre de 4 *mm* suspendus au-dessus des voies.

Les voitures prennent le courant au moyen d'une roulette attachée à une perche presque verticale relevée par un ressort, et le renvoient à la station par les rails dont la conductibilité est assurée par un fil galvanisé soudé à chaque tronçon de rail.

Chaque essieu est actionné par une dynamo, au moyen d'une vis sans fin et d'une roue hélicoïdale enfermée dans une boite en fonte.

La vitesse, réglée par un rhéostat, varie très facilement entre 0 et 15 *km* à l'heure. Outre le frein ordinaire, il existe, pour la descente de la rue d'Aix, un frein spécial formé par un coin qui s'enfonce entre le rail et le contre-rail et qui est très efficace.

La voiture pèse, 10 *t* et pèse pleine, environ 13 *t*; aussi

prend-elle souvent plus de 25 *chx* électriques pour monter la rue d'Aix.

Les voitures sont éclairées le soir à la lumière électrique; elles ont une trompette à pompe et un sifflet à bouche, mais on leur reproche d'avoir l'avant et l'arrière trop semblables.

La mise en service, longtemps entravée par l'Administration des postes et télégraphes, n'a été autorisée qu'après que la Compagnie a pris l'engagement de payer 60 000 *f* pour le doublage éventuel des fils de téléphone parallèles à la ligne, — ce qui n'a pas été fait jusqu'ici.

STAPFER,

Membre correspondant de la Société à Marseille.

CHRONIQUE

N° 150.

Sommaire. — Suppression de la voie large au *Great Western*. — Les constructions urbaines aux Etats-Unis. — Utilisation de la chaleur des laitiers. — Vitesses réalisées dans les divers moyens de transports. — Le pont de Memphis.

Suppression de la voie large au Great Western. — Il y a quelques jours, il y avait encore en Angleterre sur le *Great Western* plus de 300 *km* de la voie à l'écartement de 7 pieds établie par Brunel il y a près de 50 ans. Aujourd'hui il n'en reste plus et la réduction d'écartement de cette voie de 7 pieds à la distance normale de 4 pieds 8 pouces 1/2 a été effectuée sans aucun accident dans le court espace de temps de 31 heures de travail. Nous empruntons au *Railroad Gazette* les détails de cette intéressante opération.

En 1845, le *Great Western*, c'est-à-dire le *grand* chemin de fer de l'Ouest, pouvait être encore mieux appelé le *large* chemin de fer de l'Ouest, car il avait son développement de 600 *km* entièrement établi en voie de 7 pieds. Neuf années plus tard, les inconvénients constatés aux contacts avec les autres lignes établies à l'écartement normal, firent considérer comme nécessaire qu'on pût faire circuler sur les voies du *Great Western* le matériel à voie normale pour éviter des transbordements, tant aux voyageurs qu'aux marchandises.

On résolut cette question par la pose d'un troisième rail, de manière à obtenir à la fois les deux écartements et la circulation des deux matériels.

Cette disposition ne fut néanmoins adoptée que dans une très faible mesure jusqu'en 1867, c'est-à-dire tant que vécut Brunel, et même encore un peu après, tant était encore puissante l'influence de l'auteur de la voie large, et la longueur totale de la voie normale ne dépassait pas 2 400 *km*.

Après les choses changèrent complètement, car, au commencement de cette année, le *Great Western*, sur un développement total de 4 000 *km* comptait 670 de voie mixte, 320 seulement de voie large et le reste en voie normale.

Les théories de Brunel sur l'établissement de la voie avaient pour objectif une voie rigide et non élastique sur laquelle il faisait circuler les véhicules les plus lourds qui eussent jamais été faits pour l'usage des chemins de fer.

Il avait peut-être raison, étant donné le matériel qu'il employait, mais il est probable que les longs véhicules actuels portés sur bogies s'accommodent mieux d'une voie posée sur traverses avec une certaine élasticité que des voies rigides posées sur longrines employées par Brunel sur la voie large. Cette dernière avait donc perdu la plus grande

partie des avantages revendiqués à l'origine, tandis que les inconvénients du double matériel et la gêne apportée au trafic subsistaient tout entiers. Aussi la Compagnie reconnaissait, il y a plusieurs années déjà, la nécessité inévitable d'arriver à la suppression complète de la voie large.

Cette opération n'était pas sans difficulté, car il était impossible de la réaliser sans interrompre entièrement la circulation sur ces voies pendant un laps de temps qui ne pouvait être moindre de deux jours.

La difficulté était d'autant plus grande que certaines parties étaient à voie unique. Les portions sur lesquelles il existait une double voie avaient été pour la plupart modifiées précédemment sans interruption complète de la circulation et le travail avait pu se faire pour ainsi dire à loisir.

Sur les parties en voie mixte, les longrines primitives de Brunel avaient été remplacées par des traverses sur lesquelles étaient fixées les trois rails, car la pose d'un troisième rail sur une longrine spéciale eût été difficile et il y eût eu de cette manière dans la voie un emploi de bois réellement abusif. On avait également à cette occasion posé les deux voies en rails à double champignon et coussinets à la place de l'ancien rail bien connu de Brunel.

Il n'est peut-être pas inutile de rappeler comment était constituée la voie qui vient de disparaître définitivement. Chaque file de rails était posée sur une longrine continue mesurant 0,275 *m* de largeur sur 0,150 *m* d'épaisseur Les rails creux et à larges rebords étaient fixés sur ces longrines par des boulons de 0,019 *m* de diamètre, à têtes carrées, traversant les rebords du rail et vissés dans des platines placées sous la longrine ; ces platines avaient des griffes pénétrant dans le bois.

On plaçait entre les rails et les longrines des cales minces en bois, de manière que les premiers ne portent pas sur toute la longueur sur la longrine ; la pose du rail etait ainsi mieux assurée.

Les deux longrines étaient reliées transversalement ensemble par de fortes traverses placées à des intervales de 3 *m* à 3,50 *m*. Ces traverses étaient assemblées par entailles avec les longrines et rattachées par des tiges en fer rond, aplaties à une extrémité par laquelle elles étaient fixées de chaque côté de la traverse, l'autre extrémité traversant la longrine et étant vissée sur celle-ci par un écrou. Toutes les six traverses il y avait en plus une entretoise en fer reliant les longrines l'une à l'autre et serrée par des écrous. Ces entretoises agissaient par serrage pour rapprocher les rails, tandis que les traverses en bois maintenaient l'écartement.

Aux joints les rails étaient posés sur des selles rectangulaires en fer de 0,305 *m* de longueur et 0,170 *m* de largeur, avec une nervure longitudinale de 25 *mm* d'épaisseur au milieu.

L'évidement des rails portait sur celte nervure qui empêchait ainsi tout déplacement latéral.

La selle portait quatre trous allongés pour le passage des boulons de fixation. On réalisait ainsi un joint excellent.

Comme on l'a indiqué déjà, la pose d'un troisième rail dans ce système eût été très coûteux et aurait présenté des inconvénients sérieux.

Ce qu'on pouvait faire de plus simple était de couper les entretoises en bois à la longueur voulue pour l'écartement de la voie normale et de rapprocher le rail et la longrine jusqu'à la distance nécessaire pour le nouvel écartement.

Il y avait à cela une difficulté, c'est que dans une partie de la ligne longeant la mer et traversant une suite de vallées nécessitant de nombreux travaux d'art, la voie est unique et que le travail ne pouvait être fait sans une suspension complète de la circulation. Mais l'importance de l'opération à réaliser dut faire passer sur cette difficulté.

Le samedi 21 et le dimanche 22 mai furent les jours désignés pour le travail, et le dernier train de la voie large quitta Londres le vendredi soir à 5 heures. Ce jour-là on avait dirigé par des trains spéciaux tout le matériel à voie large de l'autre côté de la partie où devait être effectuée la réduction de voie. Ce matériel comprenait encore plusieurs centaines de véhicules et un certain nombre de locomotives.

Le passage du dernier train, à 4 heures du matin le samedi, fut le signal du commencement de l'opération. On avait fait venir d'avance une petite armée de 5.000 ouvriers, divisée en compagnies de 50 à 60 hommes, chacune sous la direction d'un inspecteur et chargée d'une section de 3 à 5 1/2 *km*, suivant la difficulté du travail à exécuter. Les hommes étaient logés dans les bâtiments des stations ou dans des tentes dressées le long de la ligne.

L'opération comprenait quatre phases : 1° enlèvement du ballast à l'intérieur de la voie ; 2° enlèvement des harpons de fixation et section des entretoises en bois à la longueur voulue ; 3° ripage du rail et de la longrine à l'intérieur ; 4° pose et boulonnage des harpons de fixation et remise grossière du ballast. On avait, du reste, préalablement enlevé la plus grande partie du ballast et on avait pu couper à longueur les deux tiers des entretoises en bois pendant la circulation, c'était autant de travail de fait d'avance.

Dès le commencement de l'opération, on put donc mettre tous les ouvriers à couper les entretoises qui ne l'avaient pas encore été et à démonter les harpons. Après vint le grand travail de force, le ripage d'une des files de rails. Ce fut plus pénible qu'on ne le supposait, et les escouades de 15 à 20 hommes qui effectuèrent cette opération parurent apprécier pleinement le repas de bouillie de farine d'avoine qu'on leur servit après.

Le dimanche à midi les voies principales étaient ramenées à l'écartement normal et la machine-pilote, remorquant un fourgon où se trouvait l'Ingénieur de la division, put circuler. Le dimanche soir, après trente et une heures de travail, la ligne était partout prête à la reprise du trafic qui recommença le lundi matin par la mise en mouvement du premier train à voie normale qui partit de Penzance en Cornouailles pour arriver à la gare terminus de Paddington à Londres.

Cette unification de voie avait un grand intérêt à cause de l'énorme quantité de légumes, de poissons et de denrées en général que le sud-ouest de l'Angleterre envoie à Londres, et qui jusqu'ici nécessitaient un transbordement gênant et coûteux. L'importance de ce trafic a été une des causes déterminantes qui ont décidé le changement de voie. Il en est de

même de la grande circulation des voyageurs qui fréquentent les endroits de bains de mer du Devonshire et des Cornouailles.

La modification dont nous nous occupons a amené quelques avantages d'un ordre secondaire; ainsi on a profité du déplacement de la voie pour adoucir certaines courbes, ce qu'on a pu faire en ripant les rails convenablement. On a également pu élargir les plates-formes isolées de certaines grandes gares, en profitant des 0,68 *m* laissés libre par la réduction de l'écartement.

Sur quelques ponts de faible portée, où les rails étaient portés directement par les poutres, il a été nécessaire de déplacer transversalement une de celles-ci pour la rapprocher de l'autre; on y est arrivé sans difficulté en soulageant temporairement la poutre par un échafaudage.

Au pont de Saltash, le fameux ouvrage de Brunel, qui se trouve sur la ligne principale, on a opéré la réduction de largeur de la voie par la pose d'une nouvelle voie sur longrines à l'intérieur de l'ancienne ; ces longrines sont reliées par des traverses entretoises et portent des coussinets qui servent à fixer les rails. Ceux-ci sont à un niveau plus élevé que les anciens, qu'on a conservés avec leurs longrines pour former contre-rails comme moyen de sécurité contre les déraillements.

L'opération a été favorisée par un temps superbe et il ne s'est produit aucun accident assez grave pour être signalé. Le travail a été conduit d'une manière remarquable et avec une rapidité extraordinaire. En somme, il a été opéré le samedi de 5 heures du matin à 9 heures du soir et le dimanche de 5 heures du matin à 8 heures du soir. Les ouvriers venant de loin avaient reçu ordre de partir de chez eux le jeudi 19, avec assez de vivres pour aller jusqu'au 24, bien que la Compagnie leur fournit sur place de la farine d'avoine et de l'eau chaude; de plus, grâce à la générosité d'un des directeurs, M. W. H. Wills, chaque homme reçut deux onces de tabac. On leur fournissait, en outre, pour coucher deux couvertures et un sac rempli de paille. On leur paya la journée ordinaire et les heures supplémentaires, plus 25 0/0 pour le temps nécessaire à l'aller et le retour et un schelling pour chaque nuit passée hors de chez eux. Le lundi ayant été consacré au ballastage définitif, au nettoyage et à l'enlèvement des outils et agrès, les hommes rentrèrent le mardi. On n'avait eu qu'à se louer de leur conduite à tous les points de vue.

Comme on l'a vu plus haut, il restait encore un matériel assez considérable à voie large, matériel qu'on pourra transformer en partie. Il faut dire que depuis longtemps déjà on construisait les voitures et wagons avec les caisses à l'écartement normal en les posant sur des châssis à voie large, de sorte que la transformation se borne au changement des chassis. De même on avait construit aux ateliers de Swindon, sous la direction de M. Dean, des machines à « *convertible gauge* » ayant les roues à l'extérieur des longerons pour la voie large et à l'intérieur pour la voie étroite, comme celà se pratique pour certaines machines d'entrepreneurs qui peuvent, par le simple changement des essieux, être mises à la voie de 1 *m* ou à la voie normale.

Les constructions urbaines aux États-Unis. — M. A. Ste-

vart, professeur à l'Université de Liège, a donné à l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de cette ville une communication sur des faits observés par lui dans un récent voyage en Amérique, où se trouvent des détails très interessants sur les constructions dans les villes des États-Unis. Nous croyons qu'on nous saura gré de reproduire cette partie.

Les constructions que M. Stevart a eu l'occasion de visiter appartiennent à tous les types imaginables, depuis les baraques en bois de Mac-Donald, en passant par les habitations plus complètes de Wilmerding et les maisons ouvrières de Pullmann, jusqu'aux superbes maisons, entre ville et campagne, qui environnent Boston, Philadelphie et New-York.

Beaucoup d'habitations sont encore en bois. Le bois étant à très bon marché en Amérique, on l'utilise beaucoup. Le travail du bois se fait d'ailleurs admirablement dans toute la menuiserie du bâtiment. Dans les maisons luxueuses bâties aux environs des villes, les soubassements sont souvent en maçonnerie et les étages en bois; elles n'en réunissent pas moins tout ce que l'on peut rêver de richesse et de confort.

Dans les villes, les habitations sont principalement en maçonnerie avec façades en grès, en calcaire ou en marbre parfois très ornées. La disposition des maisons diffère généralement de celle que nous avons ici par plusieurs caractères. Ainsi, les escaliers conduisant au premier sont généralement d'une volée; il n'y a pas de demi-étage. Les maisons de New-York ont le rez-de-chaussé assez surelevé au-dessus de la rue, de sorte que le soubassement est parfaitement habitable par les familles. Généralement la salle à manger se trouve dans le sous-sol; au rez-de-chaussée sont des salons et à l'étage supérieur des chambres à coucher ou des bibliothèques. L'escalier qui conduit de la rue au rez-de-chaussée est en quelque sorte isolé du reste; il est jeté sur une espèce de trou de loup qui se trouve entre la maison placée en retrait et le trottoir. Cet escalier du rez-de-chaussée joue un peu là le rôle des balcons chez nous. C'est là qu'on va prendre le frais et fumer son cigare le soir; c'est là que jeunes gens et jeunes filles flirtent, assis sur un bout de tapis jeté sur les marches de pierre. Cela est très général dans le centre de New-York, depuis les maisons d'habitation assez modestes jusqu'aux splendides palais que l'on peut admirer dans la cinquième avenue ou dans l'avenue Madison. Toutes ces maisons ont des installations spéciales pour le cas d'incendie, surtout dans le centre aggloméré de la ville. Les maisons de trois ou quatre étages ont des échelles se succédant de balcon en balcon. Ces balcons à claire-voie, qui ne sont pas faits pour l'agrément des habitants, ne sont là que pour le cas d'incendie et même, dans les principales avenues, ils sont reportés derrière les maisons.

C'est donc une erreur de croire qu'aux États-Unis, les maisons ont tant d'étages. Les grands hôtels de New-York ont quatre ou cinq étages; les maisons d'habitation n'en ont que trois et même souvent deux, en comprenant le rez-de-chaussée. Quand on parle de maisons américaines, il semble toujours qu'elles aient dix ou quatorze étages. C'est un préjugé, car ces maisons élevées sont une très grande exception. Celles-ci don-

nent lieu à des procédés de construction spéciaux et présentent des caractères dignes d'être notés. Presque jamais ces grandes maisons ne servent d'habitation : la plupart sont des magasins, des bureaux dans lesquels, la nuit il ne se trouve plus qu'un gardien. L'essai a été fait à New-York, près du Parc central, d'ériger deux maisons élevées de onze étages qui sont construites dans l'intention d'en faire des phalanstères où on peut louer des appartements riches. Les plus recherchés sont les appartements des 4me, 5me et 6me étages qui se paient 12500 fr. par an.

Dans la même maison se trouve une cuisine commune à tous et un restaurant central; chacun y commande ce qu'il désire, son déjeuner, son dîner, que l'on mange chez soi ou dans la salle du restaurant. L'usine qui sert au chauffage et à l'éclairage de la maison est également commune. La chaleur et la lumière sont comprises dans le prix du loyer. Eh bien ! cela n'a pas de succès. L'Américain aime posséder son *home*, sa maison à lui ; sous ce rapport, il se rapproche de l'Anglais; il n'admet pas, quoi qu'on dise, la vie en commun de plusieurs familles dans la même maison.

Parmi les grandes constructions spéciales dont M. Stévart désire surtout entretenir le lecteur, il veut citer en premier lieu une maison de New-York appelée *Pulitzer Building* qui est l'imprimerie du journal *The World* et qui n'a pas moins de vingt-deux étages.

L'immense hauteur de ces bâtiments ne frappe pas lorsqu'on en voit des photographies. On croirait se trouver devant une maison d'Europe à cinq étages. Cela résulte de la disposition architecturale qui est très souvent adoptée. Les façades sont divisées par de larges corniches ou des cordons, de manière à donner à l'ensemble l'aspect de quatre à cinq étages. Si l'on demandait à un de nos architectes de bâtir vingt-deux rangs de fenêtres superposées, il n'en sortirait probablement pas sans faire quelque chose d'abominable. Là l'aspect de ces grandes maisons n'est nullement défavorable.

L'architecture y est bien entendue. Tantôt les divisions des grandes lignes du bâtiment se marqueront sur une partie de la hauteur suivant des verticales, puis de grandes divisions horizontales sépareront des groupes de deux, trois ou quatre étages. On arrive ainsi à des effets très variés qui sont loin dêtre disgracieux.

M. Stévart dit qu'il n'a pas souvent été choqué de l'apparence de ces grandes constructions. Celle dont il parle a un nombre d'étages sur lequel on ne s'entend guère; de trois publications qui la citent, l'une, le *Génie Civil*, lui donne 26 étages ; un célèbre guide américain ne lui en attribue que onze et une gravure très fidèle, faite d'après une photographie, lui en donne 22, y compris le dôme qui forme six étages et est surmonté d'une lanterne qui en contient encore un. Ce dôme doré s'aperçoit très loin, il s'élève à 100 *m* au-dessus du niveau de la rue et c'est la première chose qui frappe les yeux quand on entre dans la baie de New-York. Il ne faudrait pas croire que ces étages nombreux soient bas, exigus. Les deux étages en sous-sol ont une hauteur de 4,90 *m* et 3,50 *m* et s'étendent en partie sous les trottoirs, le rez-de-chaussée a 5,60 *m*; la hauteur du premier jusqu'au douzième varie de 4 10 *m* à 4,30 *m* Tous les étages sont donc très élevés.

Cette colossale construction est affectée, comme on l'a déjà dit à l'impression du journal *The World* qui parait le matin et publie une édition du soir. Tout l'établissement est occupé par l'imprimerie jusqu'au quatrième ou cinquième étage. Les bureaux de la rédaction sont installés dans le dôme qui occupe la partie centrale. L'ascenseur permet de monter jusque dans la toiture qui le surmonte et d'où l'on jouit d'une vue splendide sur la rade de New-York, l'une des plus belles choses que l'on puisse voir en Amérique.

Les murs de façade ont jusqu'à 4,50 *m* d'épaisseur à la base et conservent encore 0,60 *m* d'épaisseur au sommet du bloc prismatique que forment les douze premiers étages. Les colonnes en fer qui, noyées dans les maçonneries, supportent le poids des planchers ont des profils constitués par des assemblages rivés de fers profilés et de fers plats. Elles sont décroissantes de la base au sommet; la colonne de huit pièces montant au septième étages, celle de six pièces jusqu'au dixième et une autre de quatre pièces jusqu'au douzième.

On n'a pas employé moins de 3 *km* de ces colonnes; 26 *km* de poutrelles de 0,375 *m* de hauteur, constituent une surface de planchers de 13 000 m^2. En tout, cela fait environ 2 300 *t* de fer et d'acier. On a calculé que le cube des briques entré dans la construction aurait permis d'édifier plus de 250 habitations ordinaires.

Une autre construction colossale de Philadelphie présente cet aspect dont l'auteur parle plus haut, de divisions verticales pour la partie inférieure et de divisions horizontales pour la partie supérieure. L'ornementation de détail de ces maisons, quelquefois un peu surchargée, ne manque cependant pas de goût. Une série de statues et de médaillons de bronze ornent la frise qui surmonte ce que l'on pourrait regarder comme le soubassement, c'est-à-dire l'ensemble des trois premiers étages.

La décoration extérieure résulte surtout de l'emploi de matériaux riches. C'est du marbre, du granit, qui alternent avec du granit rose: ce sont des briques de qualité tout à fait supérieure; ce sont des terres cuites répandues à profusion sur les façades, et tout cela constitue une ornementation d'une grande richesse et souvent très réussie.

A Philadelphie, M. Stevart a eu l'occasion de voir, en très grand détail, une habitation tout à fait typique, sur laquelle il s'étend un peu parce que cela lui permet de donner des renseignements d'un autre genre que ceux dont il a parlé jusqu'ici.

Il s'agit de la célèbre maison de banque Drexel, pour laquelle on a donné à M. Joseph Wilson, également distingué comme architecte et comme ingénieur, le programme le plus large. MM. Drexel possédaient un bâtiment très riche, ayant une façade splendide, dans une des principales rues de Philadelphie. Ils avaient acheté les terrains environnants jusqu'aux rues les plus proches et donnèrent carte blanche à l'architecte-ingénieur qui devait faire pour le mieux. Il s'agissait de bâtir par spéculation une immense construction pour y établir exclusivement des bureaux. Le programme exigeait de respecter la banque existante; M. Wilson s'est arrêté aux dispositions suivantes:

Il a fait une grande construction en forme de H, englobant l'ancienne banque Drexel. Comme il s'agissait d'élever des étages au-dessus de

toute la masse, la banque n'en avait que quatre, on a repris les fondations en sous-œuvre pour les rendre plus solides et à l'intérieur de la banque, en dehors des heures de bureau, la nuit, on a placé contre les murs des chevalets en forme de A, dissimulés par des revêtements de marbre et là-dessus on a édifié les étages suivants. Le bâtiment entier a dix étages, élevés en partie sur le sol nouveau et en partie au-dessus de l'ancienne banque qu'ils y ont englobée. La disposition générale est très intéressante ; il y a identité dans le plan de tous les étages. Les espaces entre les branches du H sont restés à l'état de cour pour éclairer les bureaux de ce côté. Au centre, il y a partout des couloirs. A la partie centrale, dans la traverse du H, se trouvent l'escalier en dalles d'ardoise reposant sur des armatures en métal et, comme dans toutes ces grandes constructions, des ascenseurs, au nombre de quatre, pour desservir tout l'établissement. Deux sont des express ; une indication porte qu'ils ne s'arrêtent pas avant le septième étage. Rien n'est plus simple que la disposition des bâtiments et la manière de trouver un bureau quelconque dont le numéro indique par son chiffre de centaines l'étage où il se trouve.

Les bureaux de M. Wilson portent le numéro 1023, cela indique qu'ils se trouvent au dixième étage.

Grâce à la parfaite obligeance de M. J. Wilson, M. Stevart a pu visiter en détail cet établissement qui est un monde. Il comprend, outre les bâtiments de la Banque et la salle de la Bourse qui lui fait pendant, *quatre cents* bureaux qui étaient tous loués avant que les bâtiments fussent achevés.

Le besoin de se réunir, de se concerter et d'être rapprochés les uns des autres fait que tous les hommes d'affaires se groupent dans ces grands édifices et s'installent dans la même maison pour faciliter leurs relations.

A chaque étage se trouvent un grand nombre de bureaux semblables, une quarantaine. Les conditions hygiéniques sont des plus parfaites : à tous les étages, il y a des cabinets de toilette, des lavabos, des urinoirs, et tout cela établi dans des conditions de salubrité merveilleuses dont nous n'avons aucune idée. Les installations les plus curieuses se rapportent au chauffage, à l'éclairage et à la ventilation.

L'éclairage se fait simultanément au gaz et à l'électricité. Celle-ci est produite dans les sous-sols où se trouve une véritable usine. Quatre chaudières de 6 *m* de long fournissent la vapeur à une machine de cent chevaux qui actionne les dynamos pour la lumière électrique et les appareils à pomper pour desservir les ascenseurs.

Le mouvement de ceux-ci est obtenu par des pistons hydrauliques qui manœuvrent des poulies mouflées sur lesquelles sont tendus des câbles d'acier. Un seul des câbles est tendu de manière à porter la charge; le second a seulement la tension suffisante pour reprendre cette charge dans le cas où le premier câble viendrait à se rompre. Les chaudières servent encore à fournir la vapeur aux pompes qui font l'alimentation d'eau et en même temps au chauffage de l'édifice.

Le système employé, analogue à celui dont on aura prochainement un échantillon à Liège dans la nouvelle Académie des beaux-arts, est

le chauffage par radiation. Habituellement la vapeur de décharge des machines suffit. Ici on ferait cette objection : on va créer une contre-pression et perdre de la force de la machine. Là les Américains disent : nous allons chauffer avec la décharge de la machine et, si nous nous arrangeons bien, notre chaufferie sera un condenseur et, au lieu d'une contre-pression derrière le piston, nous aurons une dépression. Ils ont, en effet, deux pouces de mercure de moins que la pression atmosphérique à cause de la condensation qui se produit dans la chaufferie.

Du soubassement où se trouvent les chaudières et les machines, le tuyau de décharge monte directement jusqu'au-dessus du toit. La vapeur redescend alors en chauffant isolément chaque radiateur. Celui-ci se compose d'une série de tubes verticaux reliés ensemble à la partie supérieure et intérieure avec un robinet d'entrée et un robinet de sortie. A tous les étages se trouve dans chaque bureau un radiateur semblable, alimenté par le courant de vapeur descendant. Chacun peut ainsi, en tournant un robinet, intercepter le courant de vapeur et régler le chauffage suivant sa volonté et son tempérament. A la partie inférieure, les eaux de condensation sont réunies et là se trouve l'évacuation de l'air qui tend à gagner le bas à cause de sa densité supérieure à celle de la vapeur.

Ce n'est que dans les froids exceptionnels que l'on est obligé d'envoyer de la vapeur vive dans les radiateurs.

L'éclairage est obtenu par des machines et des dynamos. Deux mille lampes de seize bougies sont distribuées dans l'ensemble du bâtiment.

La distribution part d'une petite salle qui se trouve dans le centre du sous-sol et qui est occupée par l'*Engineer*. Ce n'est pas un Ingénieur, c'est un machiniste, mais c'est un personnage. Il est là dans son bureau, au centre de toute l'installation mécanique, devant le tableau de distribution de l'électricité dans tout le bâtiment.

Il dispose séparément de ce qu'on pourrait appeler l'éclairage public, celui des corridors, des dépendances, des cabinets de toilette qui sont communs et de l'éclairage des bureaux. Chacun, de son côté, dispose de l'éclairage de ses propres bureaux et peut l'intercepter.

(A suivre.)

Utilisation de la chaleur des laitiers. — Dans une récente réunion de l'*Institution of Mechanical Engineers*, M. J. E. Stead, de Middlesborough, appelait l'attention des Ingénieurs et des métallurgistes sur l'énorme quantité de chaleur que dégageaient par leur solidification et leur refroidissement les laitiers des hauts fourneaux et des divers fours servant au traitement des métaux, et exprimait sa surprise qu'on n'eût jamais cherché à en recueillir quelque chose.

Il indiquait que le calorique contenu dans les dix millions de tonnes de laitiers annuellement produits dans la Grande-Bretagne équivalait à celui qui serait développé par la combustion de 653000 *t* de houille.

Cet appel n'est point resté sans être entendu et les journaux anglais rapportent que deux Ingénieurs, MM. Howell et Aschcroft, employés dans les mines des Nouvelles-Galles du Sud, après avoir fait des expériences qui leur ont donné toute confiance, ont patenté des appareils

pour utiliser la chaleur des laitiers à la production de la vapeur. L'idée est très simple. Le laitier en fusion est introduit dans des capacités susceptibles de résister à une pression de quelques atmosphères et on l'éteint par l'injection d'une certaine quantité d'eau qui se transforme en vapeur sous pression qu'on peut utiliser dans une machine. Une grande usine a étudié l'application de ce procédé et constaté que si les bons résultats annoncés se produisent en pratique courante, elle pourra économiser par an pour 750000 francs de combustible, en produisant de la vapeur au moyen de la chaleur contenue dans ses laitiers, chaleur qui est actuellement entièrement perdue. C'est un nouvel et intéressant exemple des recherches qu'inspirent pour la meilleure utilisation des résidus de toute espèce les conditions de plus en plus difficiles où se trouve un peu partout l'industrie.

Nous croyons devoir rappeler qu'un exemple du même genre se trouve dans le projet d'utilisation de la chaleur propre du coke incandescent, résultant de la distillation de la houille soit pour la production du gaz, soit pour celle du coke métallurgique, chaleur non utilisée actuellement, présenté par M. H. Guyon dans sa communication du 1er mai 1891 à la Société des Ingénieurs Civils sur le gaz dynamogène et ses applications.

Vitesses réalisées dans les divers moyens de transport. — Les journaux américains reproduisent un tableau dressé par M. H. Griffin pour le *Cycling* et donnant les vitesses maxima réalisées jusqu'ici avec les divers moyens de transport, ainsi que les circonstances et dates où ces vitesses auraient été réalisées. Nous le reproduisons à titre de curiosité. Le tableau original donnait le nombre de minutes et secondes employé pour parcourir un mille.

Nous avons préféré donner les vitesses en mètres par seconde et en kilomètres à l'heure. Ce tableau paraît avoir été dressé avec soin, bien que certains chiffres puissent paraître un peu surprenants. L'*Engineering News* à ce sujet émet plaisamment l'opinion que non seulement le monde marche toujours, mais qu'il marche de plus en plus vite, puisque plus des trois quarts de ces *records* remontent à cinq ans au plus.

NUMÉROS D'ORDRE	VITESSE par seconde	VITESSE à l'heure	MODE DE TRANSPORT	AUTEUR	LOCALITÉ	DATE
	m	*km*				
1	40,76	146,74	Chemin de fer.	New Jersey Central Ry.	Bound Brook.	26 février 1892.
2	23,00	82,80	Yacht sur la glace.	Dreadnought.	New Jersey.	26 janvier 1834.
3	16,86	60,70	Cheval de course.	Salouton.	Monmouth Park.	28 août 1890.
4	14,63	52,67	Torpilleur (avec la marée).	Torpilleur brésilien.	Embouchure de la Tamise.	2 juin 1891.
5	12,88	46,37	— en eau calme.	Ariete.	Angleterre.	8 juillet 1887.
6	12,55	45,18	Cheval au trot.	Sanol.	Stockton.	20 octobre 1891.
7	12,15	43,74	Yacht à vapeur.	Norwood.	Baie de New-York.	7 novembre 1891.
8	12,14	43,70	Patineur sur la glace.	Tim. Donoghue.	Newburgh.	1er février 1887.
9	11,93	42,95	Bicycle avec le vent.	W. W. Windle.	Springfield (Massachussets).	17 octobre 1891.
10	11,50	41,40	Transatlantique.	Teutonic.	Atlantique.	Août 1891.
11	11,17	40,21	Bicycle tandem.	A. Zimmerman.	Illinois.	21 septembre 1891.
12	11,03	39,81	Bicycle.	Windle.	—	—
13	10,85	39,06	Tricycle simple.	Cassignard.	Courbevoie.	18 octobre 1891.
14	10,63	38,27	— tandem.	Beduin.	Londres.	1891.
15	9,45	34,02	Patins à roulettes.	F. Delmont.	—	27 août 1890.
16	6,37	22,93	Coureur.	W. G. George.	—	23 août 1888.
17	4,73	17,63	Pirogue à pagaye.	J. Laing.	Lachine (Canada).	19 août 1882.
18	4,70	16,92	Patins sur la neige.	J. G. Ross.	Montréal.	7 mars 1885.
19	4,20	15,12	Marcheur.	W. Perkins.	Londres.	1er juin 1874.
20	2,93	10,19	Canot à l'aviron.	A. P. Mackendrick.	New-York.	20 août 1890.
21	1,39	5,00	Nageur.	J. J. Collier.	Angleterre.	23 août 1891.

Le Pont de Memphis. — On a ouvert récemment à la circulation le pont de Memphis sur le Mississipi, entre les états d'Arkansas et de Tennessee. Le pont est remarquable par sa longueur et notamment par la portée de la grande travée qui le classe au troisième rang parmi les ponts existants.

Il a quatre travées, la principale de 241,08 *m*, une de 68,87 *m* et deux de 189, 40 *m*, soit une longueur totale de 688,79 *m*. La superstructure est très légère, comme celle de presque tous les ponts américains ; elle est entièrement en acier provenant de la Pennsylvania Steel Company.

En dehors du pont, il y a de chaque côté des ouvrages d'approche très importants. Ainsi, du côté de Memphis, il y a un viaduc métallique de 801,20 *m* de longueur et, du côté de l'Arkansas, trois viaducs de 698,40 *m*, 944 *m* et 88,90 *m*, plus un remblai de 238 *m*, ce qui donne une longueur totale de 3 458 *m*. L'épreuve du pont a été opérée par le passage d'un train composé de 18 locomotives.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mai 1892

Rapport de M. A. Tresca sur un **graisseur pour machines**, de M. Egger.

Ce graisseur, imaginé par un ajusteur de la Compagnie P.-L.-M., est destiné à amener l'huile dans les cylindres de locomotives lorsque les orifices ordinaires d'admission sont fermés et que la machine descend une pente. C'est là, en effet, qu'il y a lieu de soigner particulièrement le graissage des cylindres et des pistons qui ne sont plus lubrifiés en quelque sorte par la vapeur.

L'appareil se compose d'un godet cylindrique formé par un couvercle et communiquant avec le cylindre à desservir par un tube. Un jeu de soupape dont il suffit d'indiquer le rôle en principe fait que, toutes les fois qu'un certain vide tend à se former dans le cylindre, une certaine quantité d'huile passe dans le tuyau et est remplacé dans le godet-réservoir par une quantité correspondante d'air provenant de l'extérieur. L'importance du graissage peut être réglée par une vis terminée par un cône. Une glace encastrée dans la paroi du réservoir permet de vérifier le niveau de l'huile dans ce récipient.

Rapport de M. A. Tresca sur une note présentée par M. L. Fayot, Ingénieur de la Maison Breguet, **relative à des remarques sur le frein de Prony.**

L'auteur a cherché à tenir compte de deux causes d'erreur qui peuvent vicier les résultats obtenus avec le frein de Prony. La première de ces causes est relative à l'influence du poids de la poulie de frein et de son levier qui, en déterminant une pression supplémentaire sur les coussinets de l'arbre, occasionnent un travail de frottement qui absorbe une partie plus ou moins considérable du travail moteur disponible. Pour remédier à cette première cause d'erreur, M. Fayot propose d'exercer sur le levier du frein une action de bas en haut, au lieu d'agir en sens inverse, en appliquant, comme à l'ordinaire, des poids directement à l'extrémité du levier.

Une seconde cause d'erreur résulte de ce que, au bout d'un certain temps de fonctionnement, le sabot inférieur du frein vient à s'user d'un côté, que la longueur du frein diminue de ce chef et que ce déplacement est d'autant plus grand que l'arc d'embrassement du sabot sur la poulie est plus petit.

Cette cause d'erreur est éliminée par l'emploi d'un levier à deux

branches inégales avec charge supplémentaire à l'extrémité de la petite branche.

Remarques sur le frein de Prony, par M. Fayot.

C'est la note à laquelle s'applique le rapport qui précède.

Rapport de M. Imbs sur un **appareil à mêler les cartes à jouer**, de MM. Biehler.

Ce petit appareil résout d'une manière très simple un problème assez complexe. Le jeu à mêler est introduit debout par un orifice à la partie supérieure d'une boîte. Dans cette position, les cartes portent d'un côté par leur talon sur une cloison en tôle ayant des évidements en forme de longues dents triangulaires dirigées du côté où sont les cartes. En touchant un bouton, on abaisse un levier et on enclenche et met en tension un ressort qui actionne un mouvement d'horlogerie, lequel retire petit à petit et toujours de côté la cloison d'appui. Les cartes s'enfoncent et tombent une à une, de-ci, de-là, rencontrant un plan incliné en bas duquel un ressort les fait se placer en ordre l'une sur l'autre dans un tiroir.

Féculomètre pour pommes de terre, par MM. Aimé Girard et Fleurent.

Cet appareil, construit par notre collègue, M. Digeon, repose sur le principe d'Archimède; la détermination de la densité est basée sur la mesure du volume d'eau déplacé par 1 *kg* de pommes de terre, mesure qui est donnée par la simple lecture d'un vase gradué. On admet, en général, qu'il existe un rapport constant entre la densité d'un tubercule et sa richesse en fécule. Si cette proposition n'est pas absolument vraie, elle se rapproche assez de la réalité pour permettre de déduire de la mesure de la densité d'un lot de pommes de terre sa richesse approximative en fécule. L'appareil en question est d'un maniement simple et rapide. On a pu constater par des vérifications minutieuses qu'on peut être sûr de son exactitude à 0,2 ou 0,3 0/0. C'est une approximation largement suffisante pour les transactions commerciales auxquelles peut donner lieu la pomme de terre industrielle et fourragère.

Sur les températures développées dans les foyers industriels, par M. H. Le Chatelier, Ingénieur en chef des Mines.

En l'absence de procédés simples et précis pour la mesure des hautes températures, on a émis sur la température des foyers métallurgiques des appréciations qui diffèrent selon les auteurs dans des limites très écartées.

M. Le Chatelier a appliqué à cette étude les pyromètres thermo-électriques et optiques qu'il a créés. Le premier de ces appareils utilise la mesure de la force thermo-électrique d'un couple platine-platine-rhodhié ; le second utilise la mesure de l'intensité des radiations rouges émises par les corps incandescents. On a gradué ces instruments en partant d'un certain nombre de points fixes représentés par des températures de fusion connues.

Dans le convertisseur Bessemer la plus haute température a été constatée au moment de la coulée de l'acier de la cornue dans la poche 1 640°. Au four Siémens-Martin, la température moyenne de l'acier peut estimée à 1 500°. Dans les creusets à acier on a trouvé 1 550° à 1 600°. Un lingot d'acier Bessemer a sous le marteau-pilon, vers la moitié de l'opération, une température superficielle de 1 080°.

Un lingot sortant du four à réchauffer a 1195° à la 5e cannelure du train dégrossisseur, à moitié de l'opération il a 1 130° et à la dernière cannelure 1 110°; en revenant du réchauffage la billette a 1 250° et le rail terminé sortant du finisseur a 1 100° au corps et 1 000 au patin.

Les fours Siemens pour fabrication du gaz d'éclairage donnent 1 900° au point le plus chaud, c'est-à-dire au sommet du four du côté de l'arrivée des flammes ; la cornue a vers la fin de la distillation 875° à 1 *m* du tampon et 950° à 1, 50 *m* ; les fumées ont encore 680° à la sortie des recupérateurs en se rendant à la cheminée.

Les fours à porcelaine dure donnent 1 370° ; les fours Hoffmann pour briques, 1 100°. Enfin, pour l'électricité, on trouve 1 800° pour les lampes à incandescence et pour les lampes à arc, 4 100° pour le charbon positif et 3 000 pour le charbon négatif.

Ces températures sont des maxima, et, en augmentant l'intensité du courant, on n'élève pas la température, on accroit seulement l'étendue de la surface incandescente.

La température effective du soleil, c'est-à-dire celle d'un corps ayant un pouvoir émissif égal à l'unité qui aurait le même éclat que le soleil, serait de 7 600°. Mais, pour arriver à ce chiffre, il faut faire subir à la loi du rayonnement une telle extrapolation que l'on ne peut guère répondre de cette température qu'à 1 000° près.

Sur la chaleur spécifique des métaux, par M. Le Verrier, Ingénieur en chef des Mines. (*Extrait des Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

Il s'agit de recherches faites au Conservatoire des Arts et Métiers sur la chaleur spécifique de divers métaux, cuivre, argent, aluminium, zinc et plomb. La température était mesurée, dans ces expériences, au moment même de l'immersion du corps dans le calorimètre, au moyen du pyromètre Le Chatelier.

Cette méthode a permis de constater dans les métaux étudiés des points singuliers analogues à ceux que M. Pionchon a signalés pour le fer, le nickel et le cobalt. La chaleur spécifique reste sensiblement constante pendant des périodes qui n'excèdent pas en général un intervalle de 200 à 300° ; puis elle change brusquement, de manière que la variation de la chaleur totale n'est pas représentée par une courbe continue, mais par une ligne brisée. Les résultats numériques de ces expériences sont consignés dans un tableau.

Le maltage et le brassage des bières de conserve, par M. E. Saalfeld, brasseur à Londres. (Traduit des *Transactions of the Institute of brewing*.)

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

MARS 1892

Utilité des chemins de fer d'intérêt local *(suite)*, par M. CONSIDÈRE, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

L'objet de cette seconde partie est de rechercher le type de conventions qu'il convient d'adopter pour donner la plus grande somme possible de satisfactions à l'intérêt général, comprenant la somme de tous les intérêts particuliers.

Les avantages produits par les chemins de fer proviennent, comme on l'a vu dans la première partie, de deux sources distinctes : 1° le bénéfice net d'exploitation qui a atteint son maximum pour un tarif supérieur au prix de revient du transport ; 2° les économies de transport et les avantages indirects procurés au public qui augmentent indéfiniment lorsque les tarifs s'abaissent.

L'exploitant puise exclusivement à la première de ces sources, et le public n'utilise que la seconde. Il y a donc un antagonisme absolu entre les intérêts du premier, qui est contraint de refuser les abaissements de tarifs au delà d'une certaine limite, et ceux du second qui en réclame sans cesse.

Entre ces deux extrêmes sont placés l'État et le Département, qui puisent à la fois aux deux sources d'utilité, mais dans des proportions bien inégales et dont les intérêts réclament, par suite, l'application de tarifs différents entre eux et intermédiaires entre ceux qui donneraient satisfaction à l'exploitant et au public.

L'auteur est ainsi conduit à rechercher les tarifs dont l'application est désirable pour concilier, autant que possible, tous les intérêts en jeu. Il est arrivé, par des considérations longuement développées, à établir que, pour faire produire aux voies de transport le maximum d'utilité générale, il faudrait les exploiter au-dessous du prix de revient, c'est-à-dire supprimer complètement le péage et faire même le sacrifice d'une partie des dépenses occasionnées par les transports. Le régime des routes et des canaux est un exemple de ce mode d'exploitation.

Le Mémoire passe en revue les diverses natures de conventions en usage pour l'exploitation des chemins de fer, conventions basées sur l'abandon au concessionnaire ou sur le partage du bénéfice net d'exploitation, sur le partage de la recette brute, sur l'emploi de formules variant avec la recette, sur le remboursement des dépenses réelles avec prime d'économie et part de bénéfice. Aucun des types de convention employés actuellement ne réalise, dans tous les cas et à tous les égards, l'harmonie si désirable des intérêts du concessionnaire et de l'intérêt général comprenant tous les intérêts particuliers.

M. Considère, chargé en 1888 d'étudier la question des chemins de fer départementaux dans le Finistère, et frappé des inconvénients que le partage de toutes les recettes dans une même proportion, générale-

ment adopté, présente au point de vue du transport des marchandises qui ne peuvent payer des tarifs élevés, a proposé et fait adopter un type de convention qui lui semble éviter complètement ces inconvénients et qui présente, en même temps, l'avantage de donner aux intérêts du concessionnaire, en ce qui concerne la fixation des tarifs, l'orientation reconnue par lui la plus convenable et indiquée au début de cette seconde partie.

Le principe de la formule, dite du Finistère, est le suivant. L'auteur a démontré que le partage uniforme de toutes les recettes donne forcément au concessionnaire trop pour les voyageurs ou trop peu pour les marchandises, surtout pour celles qui ne peuvent payer des tarifs élevés. Cette observation conduit logiquement à conclure qu'il faut abandonner au concessionnaire, non pas une même part de toutes les recettes, mais une fraction de chacune d'elles d'autant plus grande que le transport correspondant est naturellement moins avantageux, c'est-à-dire qu'il y a moins d'écart entre le tarif et la dépense de transport.

Le type de la formule du Finistère a pour but d'obtenir ce résultat : au lieu d'un terme accordant au concessionnaire une même fraction de toutes les recettes, il renferme autant de termes, affectés de coefficients différents, qu'il y a de natures de recettes dont on croit devoir laisser une fraction différente au concessionnaire.

Cette formule, dans sa forme la plus simple et réduite à quatre termes, est

$$F = 1550f + 0{,}30\ R^v + 0{,}30\ R^m + 0{,}028\ M^k$$

dans laquelle F représente la part du concessionnaire, R^v la recette des voyageurs, R^m la recette totale des marchandises de petite vitesse et M^k le nombre de tonnes kilométriques correspondantes.

L'auteur a reconnu que la formule précédente présentait, tout comme le partage uniforme de la recette brute, l'inconvénient de ne pas engager le concessionnaire à la création de nouveaux trains par suite de l'antagonisme entre les intérêts de celui-ci et ceux du public. Il pare à cette difficulté par l'introduction dans la formule qui devient alors à six termes de deux termes l'un fK qui représente une allocation par kilomètre de parcours des trains et l'autre V^k qui est une allocation par voyageur kilométrique. La formule perfectionnée serait donc de la forme générale

$$F = a + b\ R^v + c\ R^m + d\ V^k + e\ M^k + fK$$

En résumé cette formule à six termes donne au concessionnaire, pour les transports de toute nature, un bénéfice à peu près proportionnel aux frais d'exploitation qu'ils entraînent et résout ainsi le problème de faire fonctionner les chemins de fer qui jouissent d'un monopole dans des conditions analogues à celles qui résultent de la libre concurrence. Ce résultat est favorable au développement égal de tous les transports et à la moralité financière. Il est également avantageux pour les Départements et pour l'État, parce qu'il diminue les abus auxquels le concessionnaire est exposé et qu'il fait payer en exigeant des remises d'autant plus fortes qu'il y a plus de risques à prévoir.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINERALE

DISTRICT DU SUD-EST

Séance du 13 mars 1892.

Communication de M. NAGEL sur les **recherches de Gagnières. — Découvertes de la Compagnie de Mokta-el-Hadid.**

La Compagnie de Mokta a entrepris des travaux considérables dans le bassin du Gard pour trouver le charbon à une profondeur supérieure à 800 *m*. Pour exécuter ces travaux et les pousser avec rapidité il est nécessaire de s'outiller puissamment, et dès 1887 on faisait les installations de l'air comprimé.

Celui-ci est produit par un compresseur Dujardin à refroidissement d'eau intérieur avec soupapes d'aspiration mues par des cames; l'air est emmagasiné dans trois réservoirs horizontaux d'une capacité de 30 m^3 environ. Le compresseur à 0,540 *m* de diamètre, 0,700 *m* de course et est mû à quarante-cinq tours par minute par un cylindre à vapeur de 0 600 *m* de diamètre et même course. L'air est conduit aux travaux par tuyaux en fer de 0 060 *m* de diamètre. Comme outils, on emploie des perforatrices Éclipse n° 5 pouvant donner quatre cents coups doubles par minute. Ces perforatrices sont portées par des bras radiaux fixés sur des colonnes creuses en fer qu'on serre fortement au toit et au mur par des vis. Les déblais sont enlevés par un plan incliné où le halage se fait par un treuil mû à l'air comprimé.

La note donne ensuite des détails sur les travaux d'approfondissement à 810 *m* du puits de Gagnières et donne une coupe résumant les terrains traversés.

Communication de M. ICHON sur les **dégagements instantanés de grisou aux mines de Bessèges.**

Ces dégagements qui se sont produits en grand nombre dans l'exploitation de Bessèges depuis quelques années, ne sont pas à proprement parler instantanés, en ce qu'ils ont toujours été annoncés par des indices précurseurs, circonstance qui a permis qu'ils n'aient produit aucun accident de personnes. Ils ont eu lieu, tantôt dans des chantiers où l'on n'avait pas constaté le grisou auparavant, tantôt, au contraire, dans des chantiers normalement grisouteux. En somme, ces dégagements ne sont pas très dangereux si on prend les précautions nécessaires dans le travail, précautions sur lesquelles l'auteur s'étend d'une manière détaillée.

Cette communication donne lieu à une discussion où on fait observer qu'il doit y avoir une relation entre la vitesse du courant d'air dans une mine grisouteuse et la lampe de sûreté qui y est employée; il semble donc que la résistance de la lampe doive augmenter avec la vitesse du courant, c'est peut-être la non-observation de cette relation

qui a amené certaines catastrophes dont on n'a pas trouvé d'explication satisfaisante.

On adopte la proposition de faire soumettre la question des conséquences des dégagements instantanés à la Commission du grisou.

Réunions de Saint-Étienne

Séance du 2 avril 1892.

Communication de M. Leseure sur **les accidents du travail.**

L'auteur rappelle l'état actuel de la question qui est en ce moment à l'étude devant le parlement; il définit le risque professionnel et se demande si la clause fondamentale, introduite dans les projets de loi, qui met la réparation des accidents du travail à la charge de l'entreprise aura un résultat favorable pour la paix sociale et ramènera la bonne harmonie dans l'atelier et dans l'usine. Il examine ensuite les questions d'indemnité, le principe et l'organisation de l'assurance qui comme l'ont indiqué MM. Cheysson, Gigot et autres au Congrès de Berne, doit être obligatoire, mais avec liberté de choisir tel mode d'assurance qui conviendra, pourvu que l'assurance fonctionne dans les conditions de garantie nettement déterminées par la loi.

Les mesures préventives contre les accidents semblent un corollaire indispensable de l'assurance, mais elles soulèvent encore une question. La surveillance de ces mesures doit-elle être exercée par l'État seul ou doit-elle l'être avec le concours des associations mutuelles, et, dans ce dernier cas, quelle sera la sanction au point de vue de l'assurance ? La quantité et la gravité des questions que soulève la grosse affaire des accidents du travail montrent combien il faut qu'elle soit étudiée longuement et avec soin, et avec quelle prudence il faut entrer dans cette voie.

Ventilateur Waddle. — Ce ventilateur n'a ni enveloppe, ni cheminée; les ailes sont recourbées, alternativement courtes et longues, et fixées entre deux disques auxquels elles sont attachées. L'un de ces disques est percé au centre et, par l'ouverture ainsi pratiquée, pénètre l'air venant de la mine. Le disque percé se rapproche peu à peu de l'autre, de façon que le produit de la vitesse angulaire, à une distance quelconque du centre du ventilateur, multipliée par la section du canal d'air à l'endroit désigné, est un chiffre constant. On a plus récemment modifié l'appareil par l'adjonction d'une issue évasée en forme de trompette, laquelle s'ouvre au delà des extrémités extérieures des ailes, ce qui fait que l'air s'échappe avec lenteur de la circonférence du ventilateur dans le milieu environnant.

Un ventilateur de 11 *m* de diamètre installé aux houillères de Craghead, a été soumis à des expériences; le volume débité par seconde a varié de 109 m^3 pour 59,7 tours par minute à 41 pour 35 tours, les dépressions étant dans les deux cas 68 et 21 *mm* et le rendement 0,674 dans le premier cas; il n'est pas indiqué dans le second, mais dans les expériences il s'est toujours maintenu entre 0,674 maximum et 0,641 minimum.

Gazogène Siemens. — Il est donné communication d'une lettre de M. Lencauchez et d'une note du même Ingénieur parue dans la *Mé-*

tallurgie, relatives à la communication de M. de Bonneville sur les gaz des gazogènes et sur les fours Siemens, nouvelle disposition.

Les deux points que conteste M. Lencauchez sont :

1° Le fait de la construction par la Compagnie Parisienne du Gaz de fours Siemens, nouvelle disposition, et 2° la possibilité de la régénération du carbone dans ces fours, laquelle n'est, d'après lui, qu'une utopie.

Observations de M. MORTIER sur **l'aérage des mines à grisou.**

Il s'agit d'une critique à l'opinion trop absolue, d'après l'auteur, formulée dans une précédente réunion par M. Rateau sur les grands ventilateurs intérieurs. M. Mortier pense que des ventilateurs convenablement abrités et suffisamment rustiques ont moins à craindre des explosions de grisou que les systèmes de sas et de clapets dont on préconise l'emploi.

L'expérience indique que les plus grandes explosions respectent généralement les dérivations de courant d'air qui ne sont pas directement exposées aux chocs; en plaçant les ventilateurs dans ces dérivations, on aura une garantie de sécurité suffisante pour ces appareils.

M. Rateau répond que savoir si le ventilateur sera détérioré par une explosion est une question d'espèce; il y aura des explosions qui le détérioreront et d'autres qui le laisseront intact. En tout cas ce qui paraît certain, c'est que la surveillance de l'appareil sera toujours beaucoup plus difficile à l'intérieur qu'à l'extérieur.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 23. — 4 *Juin* 1892.

Machines à vapeur à l'Exposition nationale de Prague, par R. Dœrfel *(suite)*.

Construction navale. — Les grands croiseurs de la marine Anglaise *Blake* et *Blenheim*, par Lechner.

Observations sur la nouvelle circulaire française relative à la construction et aux épreuves des ponts métalliques.

Nouvelles installations de filtrage des eaux système Fischer et Peters, à Worms-sur-Rhin.

Groupe de Berlin. — Projet présenté par la maison Siemens et Halske pour un réseau de chemins de fer électriques à Berlin.

Variétés. — Législation des patentes et des marques de fabrique. — Méthodes pour la mesure de la vitesse et de la variation de vitesse des corps animés d'un mouvement de rotation. — Expériences avec des courants électriques de 130 000 volts. — Etablissements d'électricité à Amsterdam.— Concours pour le chauffage et la ventilation des habitations ouvrières.

N° 24. — 11 *Juin* 1892.

Machines à vapeur à l'Exposition nationale de Prague, par R. Dœrfel *(fin)*.

Installations de chauffage et de ventilation de la classe 24 de l'école Sophia à Brunswick, par C. Randel.

Déplacement radial des essieux pour voitures de Chemins de fer par A. Frank.

Le rôle du fer dans la civilisation, par Mehrtens.

Association des Chemins de fer. — Fixation des rails. — Accidents de chemins de fer aux États-Unis.

Bibliographie. — Études sur la fabrication mécanique du tulle et de la dentelle, par M. Kraft.

Correspondance. — Appareils de chargement pour navires et chemins de fer. — Les machines à vapeur à l'Exposition nationale de Prague.

N° 25. — 18 *Juin* 1892.

Dispositions pour faire varier la vitesse d'élévation de la charge dans les grues ou treuils roulants, par E. Becker.

Machines frigorifiques à absorption, par A. Belani.

Groupe de Berlin. — Exposition universelle à Berlin. — Relèvement du navire échoué l'*Eider*.

Groupe de Bochum. — Indicateur de venue d'eau pour puits de mines.

Variétés. — Coup d'œil sur le fonctionnement des associations prussiennes de surveillance des appareils à vapeur en 1891. — La fonte dure, sa production et ses applications. — Exposition d'appareils pour la petite et la moyenne industrie à Halle-sur-Saale.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1892

(Bulletins)

Pages.

Artillerie Française *(Ouvrage de M. Dredge sur l')* (séance du 18 mars). 260

Ascenseur à plan incliné pour transbordement de bateaux, à Beauval, près Meaux, par M. A. Mallet (séance du 17 juin). Mémoire 627

Assainissement de Paris *(L')* et le Tout à l'Égout, par M. Duvillard. Observation de M. Ch. Herscher (séance du 1er avril). 411

Banquet des anciens élèves des Écoles d'Arts et Métiers (séance du 19 février). 156

Bassin houiller du Donetz *(Voyage au)*, par M. A. Brüll (séance du 6 avril). Mémoire . . . . . 578 et 635

Bibliographie, par M. A. Mallet . . . . . 568 et 695

Budget comparé des Cent Monographies de famille *(Analyse par M. E. Polonceau d'un ouvrage de M. Cheysson sur le)* (séance du 20 mai). 600

Câbles sous-marins français *(Le premier réseau de)*, par M. Viasto (séance du 17 juin) 724

Céréales *(Matériel agricole employé employé dans la culture des)*, par M. le Cte de Salis (séance du 3 février). 132

Céréales *(L'outillage des ports pour la manutention des)* en France et à l'étranger, par M. Marcel Delmas. Mémoire 726

Chaudières de locomotives *(La Production de vapeur dans les)*, type Belpaire (Chemins de fer de l'État belge), note par M. A. Lencauchez. Mémoire 820

Chemins de fer à voie étroite *(Discussion sur les)*, par MM. A. G. Coste, Ed. Roy, Aug. Moreau, Grille, Level, Vauthier, Drouin, Pontzen (séances des 18 mars, 1er avril) . . . . . 263 et 415

Chemin de fer transversal, de pénétration et de jonction dans Paris *(Projet de)*, par MM. Ch. Bourdon et L. Chapron. Observations par MM. Fleury, L. Boudenoot, P. Haag et E. Charton (séance du 4 mars) 254

Chroniques et Comptes rendus des mois de janvier, février, mars, avril, mai et juin . . . . . 101, 228, 383, 544, 672 et

Comité consultatif des chemins de fer *(Nomination de membres du)* (séance du 22 janvier) 25

Commission internationale du Congrès des chemins de fer *(Nomination de membres de la)* (séance du 8 janvier). 23

Commission pour l'étude des méthodes d'essai des matériaux de construction *(Nomination de membres de la)* (séance du 8 janvier). 22

Compteurs électriques *(Les)*, par M. G. Roux (séance du 22 avril). Mémoire . . . . . 429 et 454

Congrès des Ingénieurs et Architectes Italiens à Palerme (séance des 18 mars et 1er avril) . . . . . 261 et 411

Congrès de Navigation intérieure (séance du 19 février) 135

Congrès des Sociétés savantes (séances des 4 mars et 1er avril). 252 et 411

Correspondants de la Société en France et à l'Étranger *(Notes techniques de nos)* . . . . . 826 et 832

Date des séances de la Société pour 1892 (séance du 8 janvier). 24

Décès de MM. H. Mathieu, R. Ch. Bourdin, A. Lainé, J. Ch. Cuinat, Th. Robin, E. Daguin, A. Poncelet, G. Roy, P. de Branville, A. Delannoy, Joyant, L. Gallois, L. J. Bour, F. Raoul Duval, I. C. Crozet-Boussingault, H. Petin, H. Fockedey, F. Michau, Ed. Demanest, L. Laurent, L. Arbel, F. Barbedienne. J. B. Guillet, L. de Kronenberg, M. Bailly, L. Marsillon, P. Simons, C. D. de Laharpe, F. M. A. Coulanghon, A. B. Bukaty, Victor Rose, Sir James Brunless, J. E. Chauveau, L. de Joannis et J. V. Moerath (séances des 8 et 22 janvier, 5 et 19 février, 4 et 18 mars, 1er et 22 avril, 6 et 20 mai, 3 et 17 juin). . . . 22, 25,149, 155, 250, 260, 410, 422, 577, 600, 705 et 710

Décorations françaises :

OFFICIERS DE LA LÉGION D'HONNEUR : MM. Aug. J. Normand, F.-C Dehaynin, L. Edoux, L. Dru, A. Liébaut, G. Ménier, H.-S. Rouart et X. Rogé (séances des 8 janvier et 17 juin) . . . . . 22 et 711

CHEVALIERS DE LA LÉGION D'HONNEUR : MM. L. Deharme, O. Guary, D. Monnier, E. Asselin, F. A. Bauquel, Alph. Darlot, G.-M. Dumont, E. Firminhac, E. B. P. Garnier, J. Leblanc, C. A. Sevin, A. Vernes, E. Cornuault, V.-A. Deschiens et L. Cholet (séances des 8 et 22 janvier, 6 mai) . . . . . 22, 25 et 578

OFFICIERS DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE : MM. P.-F.-J. Charpentier, Ch.-A. Girard (séance du 22 janvier) 25

OFFICIERS D'ACADÉMIE : MM. E. Gibault, L.-A. Lemoine, G.-P. Roy, J.-Ch.-A. Rousseau et P. Ferrand (séance du 22 avril). 422

CHEVALIERS DU MÉRITE AGRICOLE : MM. A. Hardon et A. Olive (séance du 22 janvier) 25

Décorations étrangères :

COMMANDEUR DU CHRIST DE PORTUGAL : M. Blanchard.
COMMANDEUR DU MEDJIDIÉ : M. Chelu-Bey.
OFFICIER DU NICHAM IFTIKAR : M. A.-A. Berton.
OFFICIER DU TAKOWO DE SERBIE : M. G. Canet.
CHEVALIER DU CAMBODGE : M. J. Gaune.
TITRE DE BEY : M. Chelu.
(Séances des 8 janvier, 19 février, 18 mars, 17 juin). 22, 155, 260 et 711

Déformations élastiques maxima des arcs métalliques *(Note sur les)*, par M. Bertrand de Fontviolant. Mémoire 196

Délégué de la Société à l'Exposition de Chicago *(Nomination de M. le marquis de Chasseloup-Laubat comme)* (séance du 17 juin) 712

Discours de MM. E. Polonceau, Président sortant, et **P. Buquet**, Président pour 1892 (séance du 8 janvier). . . . . 6 et 11

Donetz *(Voyage au bassin houiller du)*, par M. A. Brüll (séance du 6 mai) Mémoire. . . . . 578 et 635

Dons de diverses sommes par MM. G. Canet et N. Belelubsky (séance des 8 et 22 janvier) . . . . . 23 et 25

Dons de Bons de l'Emprunt de 75 000 francs (séance des 8 janvier et 1er avril. . . . . 23 et 410

Eaux d'Amsterdam *(Lettre de M. Van Hasselt à propos du compte-rendu du voyage de la Société en Hollande et des)* (séance du 17 juin) 713

Éclairage électrique des gares, par M. G. Dumont (séance du 1er avril). Mémoire. . . . . 293 et 413

Efforts tranchants *(Sur la détermination des)*, maximums produits dans un pont à une travée par le passage du train type, défini par le règlement ministériel du 29 août, par M. Bertrand de Fontviolant, mémoire. 171

Électricité *(Analyse du traité pratique d')* de M. F. Lucas par M. A. Brüll (séance du 22 janvier) 52

Emprunt *(Remboursement anticipé des Bons de l')* (séance du 17 juin) .

Emprunt *(Dons de Bons de l')* (séances des 8 janvier et 1er avril) 27 et 410

Excursion en Hollande *(Compte rendu technique du voyage de la Société et de l')*, par M. E. Lippmann (séances des 22 janvier, 5 février et 4 mars). . . . . 30, 155, 160 et 253

Exposition de Chicago *(Membres des comités d'admission à l')* (séance du 17 juin) 711

Exposition de Chicago *((Nomination de M. le Marquis de Chasseloup-Laubat comme délégué de la Société à l')* (séance du 17 juin) 712

Exposition de Kimberley (colonie du Cap) (séance du 1er avril) . . 411

Frigorifiques *(Les machines)*, par M. H. Faucher (séance du 22 avril) Mémoire 430

Installation des membres du Bureau et du Comité (séance du 8 janvier) . . . . . 6 et 11

Lacs artificiels *(Analyse du travail de M. G. Crugnola sur les grands réservoirs ou)*, par M. Edmond Coignet (séance du 19 février). Mémoires 156

Locomotives à l'Exposition universelle de 1889 *(Dépôt et analyse du rapport de la Commission d'études des)*, par M. E. Polonceau (séance du 5 février) 152

Locomotives *(Note sur la production de vapeur des)*. Type Belpaire. (chemins de fer de l'État Belge), par M. A. Lencauchez. Mémoire 820

Matériel agricole employé pour la culture des céréales, par M. le comte de Salis (séance du 5 février) 152

Mécanique *(Nouvelles notes de)*, par M. F. Chaudy. Mémoire. 177

Médailles d'or de la Société pour 1892 *(Proclamation des lauréats des Prix Annuels, Prix Coignet, Prix Michel Alcan)*. Rapport de M. P. Buquet, Président (séance du 17 juin) 720

Membres nouvellement admis . . . . . 2, 148, 249, 409, 576 et 704

Mémoires et Manuscrits *(Ouvrages reçus)* 2, 146, 246, 406, 410, 426, 574 et 702

Métallurgie dans l'Amérique du Sud et principalement au Chili (*Situation de la*), par M. Ch. Vattier (séance du 17 juin). . . . 000

Métropolitain (*Discussion sur les projets de*), par MM. C. Haag, P. Vilain, Vauthier, J. Fleury, L. Boudenoot et J. Charton (séances des 4 mars, 6 et 20 mai). . . . . 254, 579 et 604

Moments fléchissants (*Epure des*) et des efforts tranchants maxima qui se produisent, au passage d'un convoi, dans une poutre droite à une seule travée, reposant sur un appui libre, par M. J. Pillet (séance du 19 février). Mémoire. . . . . 157 et 159

Navires à grande vitesse (*Les*), par M. J. Gaudry (séance du 22 avril). Mémoire. . . . . 429 et 464

Nouvelles notes de mécanique, par M. J. Chaudy. Mémoire. . . 177

Nomination des membres des :

Comité d'admission a l'Exposition de Chicago (séance du 17 juin). 711

Comité consultatif des Chemins de fer (séance du 22 janvier) . . . 25

Commission internationale du Congrès des Chemins de fer (séance du 8 janvier) 23

Commission pour l'étude des méthodes d'essai des matériaux de construction (séance du 8 janvier). 22

Conseil supérieur du travail (séance du 17 Juin). 711

Professeurs a l'École Centrale (séance du 22 janvier) 25

Notes techniques de nos Correspondants :

La Question des passages a niveau en Amérique, par M. H. Woods 826

Le Tramway électrique de Marseille, par M. Stapfer. 832

Ordres du jour des séances (*Modifications aux*), (séance du 20 mai) 603

Outillage des ports pour la manutention des céréales en France et à l'étranger (*L'*), par M. Manuel Delmas. Mémoire . . 726

Ouvrages, Manuscrits et Mémoires reçus, 2, 146, 246, 406, 410, 426, 574 et 702

Passages à niveau (*La question des*) en Amérique (Notes de nos correspondants), par M. Woods 826

Plan incliné pour transbordement de bateaux, à Beauval, près Meaux, par M. A. Mallet (séance du 17 juin). Mémoire. . . . 627

Planches . . . . . 53 à 65

Prix et médailles d'or pour 1852. Rapport de M. P. Buquet, Président, sur les lauréats des Prix Annuels, Prix Coignet, Prix Michel-Alcan (séance du 17 juin). 720

Prix Charles Grad décerné par la Société de Géographie à M. Chelu-Bey (séance du 18 mars) 260

Prix Fourneyron décerné par l'Académie des Sciences à M. Leloutre (séance du 8 janvier) 23

Prix (*Méddille d'honneur et une somme de 2 500 francs*) offert par la Société Industrielle de Mulhouse (séance du 8 janvier) 23

Professeurs à l'École Centrale (*Nomination de*), (séance du 22 janvier). 25

Propriété Industrielle *(Ensemble des lois et réglements appliqués en Allemagne à la)*, par M. D. A. Casalonga (séance du 22 janvier) . . 29

Publications périodiques reçues par la Société *(Liste des)*. . . 129

Raccordement parabolique des voies *(Lettre de M. Éd. Roy à propos du)*. Observations de MM. Laffut et Vallot (séances des 18 mars, 22 avril et 3 juin) . . . . . 263, 423 et 705

Rectification au Procès-Verbal *(Demande de)*, par M. J. Fleury. Observations de MM. P. Buquet et É. Simon (séance du 8 janvier). 20

Réservoirs *(Les Grands)*, **ou lacs artificiels**, par M. Crugnola. Analyse par M. Ed. Coignet (séance du 19 février) 156

Sauvetage *(Du rôle de l'ingénieur dans la question du)*, par M. E. Cacheux. Mémoire 620

Situation financière de la Société *(Exposé de la)*, par M. le Trésorier (séance du 17 juin) 714

Statuts *(Proposition de modifications aux)*, et nomination d'une Commission d'examen (séance du 18 mars) 261

Surchauffeur Uhler *(La vapeur surchauffée et le)*, par M. G. Thareau Observations de MM. Lencauchez et G. Richard (séances des 18 mars et 1er avril), mémoire. . . . . 263, 274 et 413

Tout à l'égout *(Le)* **et l'assainissement de Paris**, par M. Duvillard. Observations de M. Ch. Herscher (séance du 1er avril). . . . 411

Tramway électrique de Marseille *(Le)*, Notes de nos correspondants, par M. Stapfer 832

Transbordement de bateau *(Plan incliné pour)*, par M. A. Mallet (séance du 17 juin). mémoire. 667

Tremblements de terre au Japon *(Système de construction protégeant contre les)*, par M. Lascasse (séance du 19 février). 156

Vapeur surchauffée et le surchauffeur Uhler *(La)*, par M. G. Thareau, observations de MM. Lencauchez et G. Richard, (séances des 18 mars et 1er avril), mémoire . . . . . 263, 274 et 413

Vapeur des chaudières de locomotives *(Note sur la Production de)* Type Belpaire (chemins de fer de l'État Belge). Note par M. A. Lencauchez. Mémoire 820

Wolfram *(Séparation mécanique, dans le minerai, du quartz et du)*. extrait d'une lettre de M. A. Souchet, par M. H. Vallot (séance du 4 mars). 252

IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE, PARIS. — 13516-7-92

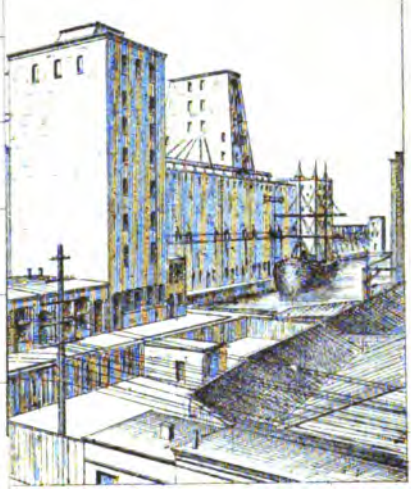
…vi par le grain
…aux

…rs de New-York (Brooklyn)

…pite

Bande du grenier des

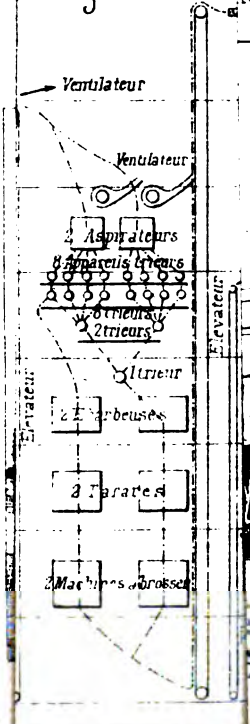
Détail d'…

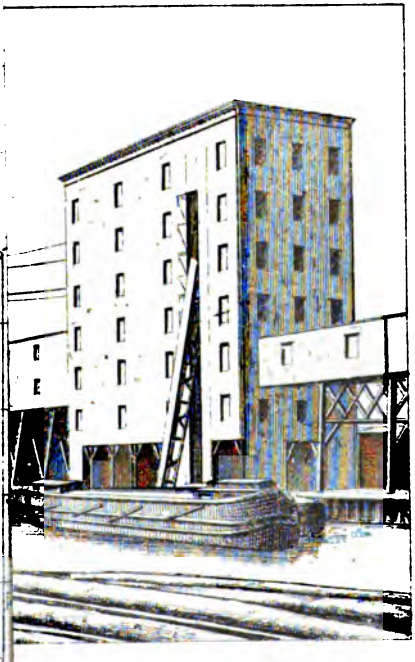


…rs de New-York (Brooklyn)

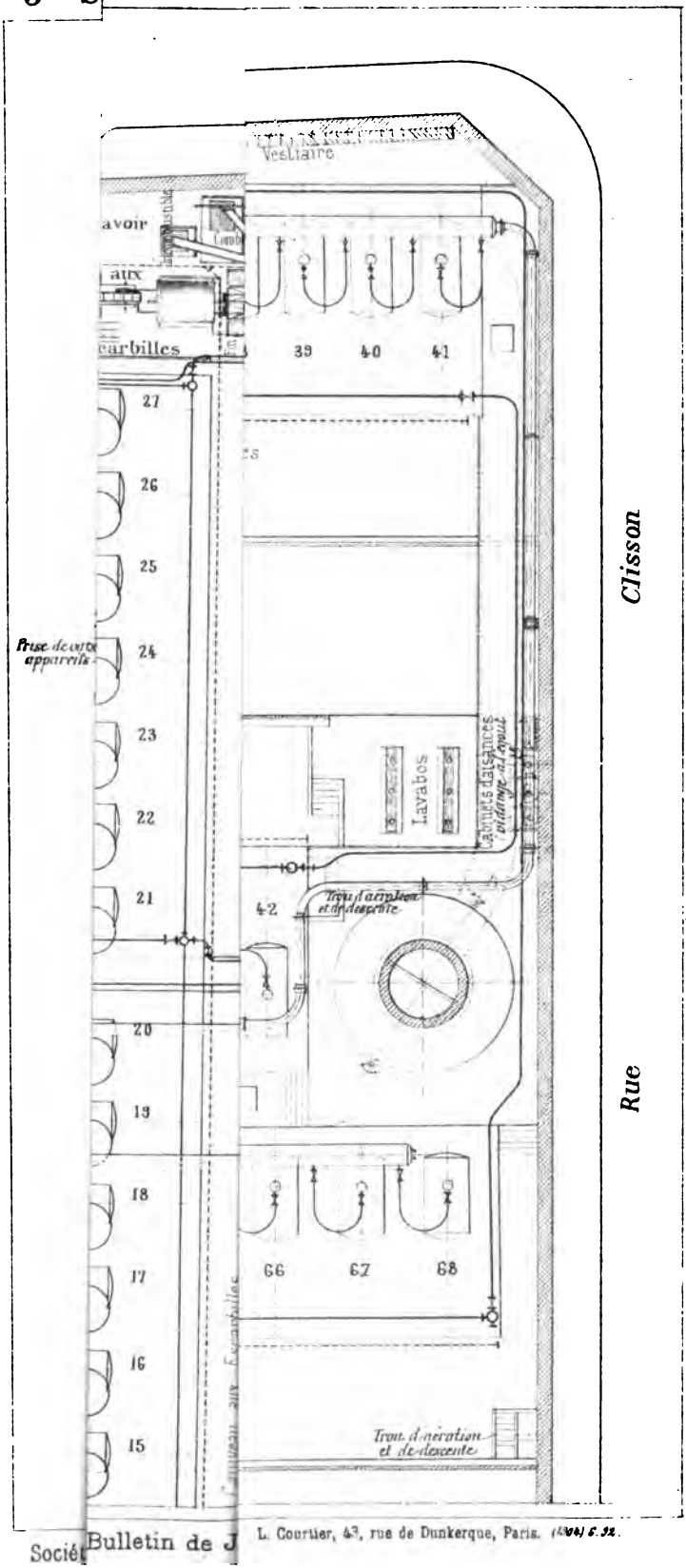
…onnages

…he

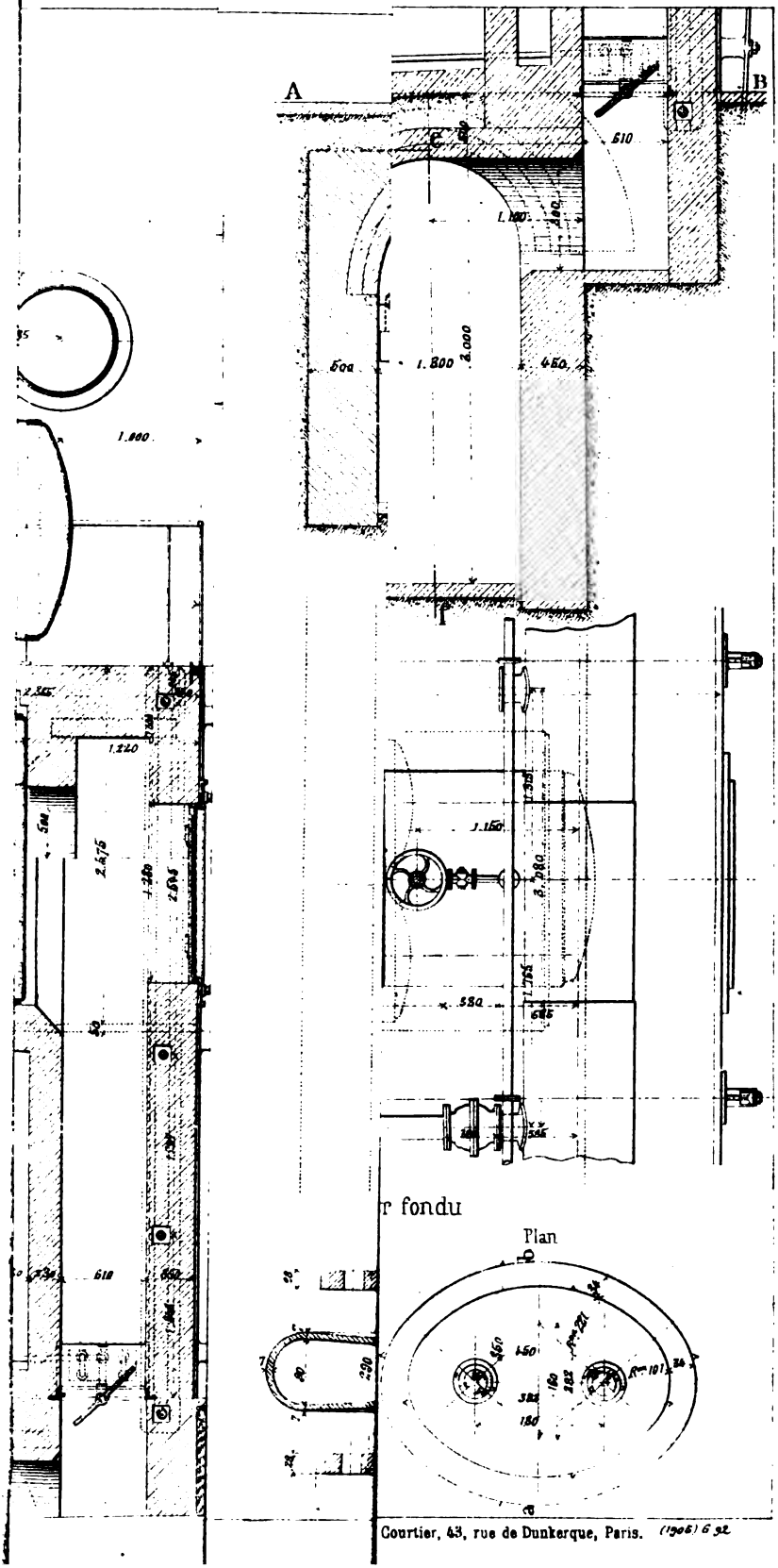




L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.



Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris. (1906) G 92